COMPTES RENDUS
DES SÉANCES
DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 DÉCEMBRE 1878.

PRÉSIDENCE DE M. FIZEAU.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Observations sur la Note de M.* Pasteur, *relative à la fermentation alcoolique ;* par M. **Berthelot**.

« Je lis, dans le *Compte rendu* de la séance de l'Académie du 25 novembre, une Note de notre confrère M. Pasteur qui me paraît de nature à donner lieu à quelques observations.

» En parlant d'un ferment alcoolique soluble, susceptible de se consommer au fur et à mesure de sa production et dans l'acte chimique même qu'il détermine, j'avais pris soin d'ajouter que, pour démontrer cette hypothèse, il était nécessaire de découvrir les conditions dans lesquelles ce ferment se produirait suivant une dose plus considérable que la quantité détruite dans la fermentation.

» C'étaient ces conditions que Cl. Bernard paraissait avoir rencontrées, dans des expériences dont le récit nous est parvenu malheureusement d'une façon incomplète ; j'ai cru cependant utile à la Science de les publier telles quelles, parce qu'il ne s'agissait point, dans ma pensée, d'ouvrir une polémique, mais de signaler une voie nouvelle de recherches, ouverte par Cl. Bernard.

» M. Pasteur me semble être resté étranger à cet ordre d'idées. Il n'a vu dans ces Notes qu'un texte à réfuter; il a recherché aussitôt et trouvé, avec son habileté ordinaire, les conditions dans lesquelles aucun ferment alcoolique ne se produit et où, par conséquent, il n'y a point fermentation. Cependant, pour avoir quelque chance de découvrir le ferment soluble, il faudrait d'abord se placer dans les conditions où ce ferment peut exister, c'est-à-dire en pleine fermentation alcoolique, sauf à réaliser, en outre, cette condition inconnue qui en exagérerait la production relative. Le problème subsiste donc tout entier, la démonstration donnée par M. Pasteur ne lui étant pas applicable.

» Si l'on entre plus profondément dans la discussion générale des causes de la fermentation, qui est au fond de cette question particulière, peut-être sera-t-il permis d'observer que M. Pasteur n'a pas davantage démontré cette antithèse séduisante par laquelle il oppose les êtres aérobies, qui consomment l'oxygène libre, et les êtres anaérobies, qui consommeraient l'oxygène combiné : une telle fonction est purement hypothétique. Jusqu'ici elle échappe même à la discussion, parce qu'on n'a jamais cité le moindre fait chimique pour la prouver. Précisons : si la levûre de bière prenait au sucre de l'oxygène combiné, on devrait retrouver dans les liqueurs le résidu désoxydé, par exemple $C^{12}H^{12}O^{11}$ ou $C^{12}H^{12}O^{10}$, ou les produits de sa décomposition. Ce qu'on retrouve en réalité, c'est de l'alcool et de l'acide carbonique, dont les poids réunis représentent à peu près le poids du sucre; ils le représentent avec le même degré d'approximation que l'on est accoutumé d'accepter comme démonstratif dans les équations ordinaires de la Chimie organique, et en négligeant de même les produits accessoires des métamorphoses secondaires. Si la levûre avait pris de l'oxygène au sucre, on aurait dû obtenir, au lieu d'acide carbonique, de l'oxyde de carbone, ou bien, au lieu d'alcool, de l'hydrure d'éthylène. Aucun fait connu ne nous autorise donc à dire, ni même à supposer, que les ferments aient la propriété chimique singulière d'enlever au sucre une portion de son oxygène combiné.

» En tout cas, la science m'a toujours paru, comme à Cl. Bernard, tendre à réduire l'action des ferments à des conditions purement chimiques, c'est-à-dire relativement simples, mais indépendantes de la vie, qui répond à un ensemble de phénomènes plus compliqués. C'est, en effet, ce qui a été réalisé successivement pour presque toutes les fermentations, comme le prouvent l'histoire de la fermentation glucosique de l'amidon dans l'orge germée, celle des corps gras dans l'intestin, celle de l'amygdaline dans les

amandes, celle du sucre de canne s'intervertissant sous l'influence de la levûre, celle de l'urée dans l'urine, etc., etc. Deux ou trois cas seulement demeurent encore obscurs. Aussi, si la genèse des ferments figurés relève de phénomènes biologiques, comme les travaux de M. Pasteur l'ont démontré, d'autre part, on ne saurait méconnaître que la tendance générale de la science moderne ne soit de ramener l'étude des métamorphoses matérielles produites dans les fermentations à des explications purement chimiques.

» Je demande la permission de citer maintenant une expérience nouvelle, qui, si elle ne résout pas la question de la transformation du sucre en alcool par des agents inorganiques, semble cependant de nature à y apporter quelque lumière. Voici l'hypothèse dont il m'a paru intéressant de suivre les conséquences. Supposons que l'action du ferment consiste à dédoubler le sucre en deux produits complémentaires, l'un plus oxygéné, l'autre plus hydrogéné, mode de dédoublement dont la réaction de la potasse sur les aldéhydes (corps comparables au glucose) nous fournit précisément l'exemple; ces deux produits exerceraient ensuite une action réciproque. Mais, l'énergie consommée dans le premier dédoublement ne pouvant être reproduite, on ne saurait régénérer le sucre primitif. Dès lors, en son lieu et place, apparaîtront les produits d'une décomposition nouvelle et plus profonde, tels que l'alcool et l'acide carbonique.

» J'ai cherché à réaliser ces conditions d'hydrogénation et d'oxydation simultanées du sucre, par l'artifice suivant. J'ai disposé une pile de 6 à 8 éléments Bunsen, dont les deux pôles étaient en relation avec un commutateur oscillant, de façon à rendre tour à tour positifs et négatifs, douze à quinze fois par seconde, deux cylindres de mousse de platine jouant le rôle d'électrodes. Cet appareil, plongé dans de l'eau acidulée, développe, à chacun des deux pôles, tour à tour de l'hydrogène et de l'oxygène. En réglant convenablement l'appareil, aucun gaz ne se dégage, l'eau s'y reformant incessamment aussitôt après sa décomposition. C'est cet appareil, ainsi réglé, que j'ai plongé dans des solutions aqueuses de glucose, tantôt neutres, tantôt légèrement acides ou alcalines : j'espérais provoquer ainsi le dédoublement du sucre. J'ai obtenu en effet de l'alcool, mais en très-petite quantité (quelques millièmes), la majeure partie du glucose ayant résisté. Une transformation aussi limitée n'autorise pas de conclusion définitive, car la limite peut résulter aussi bien de l'inexactitude de l'hypothèse fondamentale que de l'imperfection des conditions destinées à la réaliser : cependant le fait seul d'une production d'alcool, réalisée à froid et au moyen du

sucre soumis à l'influence de l'électrolyse, m'a semblé digne d'être communiqué à l'Académie. »

MÉCANIQUE. — *Étude sur les machines à vapeur ordinaires et Compound, les chemises de vapeur et la surchauffe, d'après la Thermodynamique expérimentale;* par M. A. LEDIEU (¹).

« II. *Considérations générales sur l'intervention calorifique des parois des cylindres dans les machines à vapeur.* — La question dont il s'agit est devenue capitale pour l'établissement rationnel d'une nouvelle théorie *expérimentale* des machines à vapeur. Afin de faire ressortir son importance, il nous semble indispensable de rappeler sommairement les phases qu'elle a parcourues, et comment elle a échappé à beaucoup d'hommes éminents, dans leurs travaux sur les machines à vapeur.

» Il y a plus de vingt-cinq ans, Combes, puis l'amiral Pâris et M. Hirn, commencèrent à signaler l'influence thermique des parois des cylindres sur le travail de la vapeur, mais sans bien préciser le mode de cette influence. A mesure que la Thermodynamique s'affirmait et prenait de plus en plus d'essor, on aurait pu croire que le sujet allait faire immédiatement l'objet de recherches spéciales. Il n'en fut rien.

» Clausius et Zeuner, et beaucoup d'autres après eux, se confinèrent dans des idées abstraites qui les tinrent écartés de la réalité. Verdet prit même, dans sa *Théorie mécanique de la chaleur* (1868), la question à rebours. Il admit qu'il se produisait des condensations pendant la détente, comme cela aurait effectivement lieu si elle était adiabatique. Or, dans les applications, c'est au contraire une vaporisation qu'on constate, et qui provient de l'eau se formant en principe dans le cylindre pendant la période d'admission. Tout en s'étant trompé sur l'origine même de cette eau, Verdet aurait pu néanmoins apprécier sainement les effets réfrigérants considérables qui en résultent pendant la communication du cylindre avec le condenseur; mais il se contenta de mentionner l'accroissement de déperdition de chaleur *externe*, c'est-à-dire à travers les parois du cylindre, que la présence de l'eau tend à produire, en raison de ce qu'un mélange de liquide et de vapeur est bien meilleur conducteur que de la vapeur sèche : c'était, même pour cette partie, considérer le problème dans un détail secondaire et négliger le point capital.

(¹) Voir les *Comptes rendus*, séance du 9 décembre, page 903 de ce volume.

» De son côté, Combes, dans sa *Théorie mécanique de la chaleur* (1867), se borne à dire que l'utilité de maintenir, à l'aide de chemises de vapeur, les cylindres à la température de la chaudière, s'explique par l'avantage de prévenir les refroidissements qu'éprouvent les parois de ce récipient pendant la détente et l'évacuation, et, par suite, d'éviter la liquéfaction que subit, durant l'admission, sous l'influence de ces refroidissements, une portion de la vapeur arrivant de la chaudière. Cette énonciation est en partie conforme aux résultats des expériences mentionnées ci-après, entreprises pour élucider la question; mais aucun développement subsidiaire ne vient la compléter. De plus, on retrouve, en un autre endroit, l'idée *pratiquement* fausse de Verdet, sur les condensations de la vapeur pendant la détente.

» Après les savants que nous venons de citer, plusieurs auteurs distingués ont abordé le sujet plus à fond; mais, somme toute, la question ne se trouve encore là qu'ébauchée. D'ailleurs, on y retrouve, la plupart du temps, l'idée fausse précitée.

» Enfin, depuis 1870, l'éminent M. Hirn a repris à fond cette importante étude. Il a tout de suite reconnu qu'elle était bien plus complexe qu'il ne l'avait pensé dans ses publications antérieures, où il avait effleuré le sujet, en ne l'envisageant que sous une face. Un grand pas lui restait à faire, mais il dut, pour mener à bonne fin les nouvelles et importantes expériences nécessaires à cette entreprise, s'adjoindre deux ingénieurs de mérite, MM. Leloutre et Hallauer.

» En dehors d'un travail déjà ancien (1862) publié à Liége par M. Porter, il n'est, à notre connaissance, aucun livre à l'étranger qui traite du sujet qui nous occupe. Du reste, tous les auteurs susmentionnés semblent avoir écrit leurs publications sans consulter les ouvrages antérieurs de l'espèce. Aussi ont-ils émis, sur la question, en dehors d'idées communes à tous, des points de vue propres à chacun d'eux, et dont un certain nombre sont de nature à être pris en considération, à côté d'autres complétement inacceptables.

» Les constructeurs ont eu depuis longtemps le sentiment des déperditions notables qui sont dues à l'intervention calorifique des parois des cylindres, et qui prennent des proportions considérables avec la haute pression accompagnée de grandes détentes. Sans se préoccuper d'étudier le phénomène en lui-même, ils ont essayé de remédier à ses inconvénients par diverses combinaisons, que leur instinct leur suggérait. Après bien des tâtonnements, ils ont trouvé que la meilleure manière d'atténuer plus ou moins radicalement les déperditions en question consistait dans l'emploi de

chemises de vapeur revêtues de matières bien isolantes, et surtout accompagnées d'un léger surchauffage du fluide et de l'usage du Woolf.

» En présence de l'état de choses que nous venons d'exposer, tant au point de vue de l'étude de la question que de la solution adoptée par les constructeurs, il nous a semblé utile de reprendre le sujet *ab ovo*, pour le traiter aussi à fond que possible, en empruntant à chacun de nos devanciers le point de vue particulier et *exact* qu'il a pu émettre, et en y joignant le résultat de nos propres investigations.

» Selon nous, la question doit être ainsi subdivisée :

» 1° Rechercher les expressions mathématiques des réchauffements internes des parois du cylindre durant l'admission, et de leurs refroidissements pendant la détente d'une part, et pendant l'évacuation d'autre part, cette recherche étant d'ailleurs faite dans le cas de simple enveloppe sèche ou même d'absence de tout revêtement, de chemise de vapeur, de surchauffe, et enfin de fonctionnement au Woolf;

» 2° Trouver une formule pour calculer les pertes dues *exclusivement* à l'intervention calorifique inévitable des parois du cylindre;

» 3° Déduire, de la considération des résultats où conduisent les diverses formules susmentionnées, appliquées à des essais certains, des principes de départ rationnellement acceptables;

» 4° A l'aide de ces principes, examiner pas à pas ce qui se passe, au point de vue calorifique, du côté d'une face déterminée du piston et pendant une allée et venue de cet organe, dans une machine à vapeur ordinaire, puis avec le Woolf, sans ou avec chemise de vapeur, sans ou avec surchauffe;

» 5° Enfin, établir une expression analytique générale du rendement calorifique des machines à vapeur, tenant compte, en particulier, de l'influence thermique des parois du cylindre, et discuter dès lors la diminution que ce rendement éprouve, suivant le degré de la détente; apprécier la valeur de ce degré qui rend maximum ladite diminution, toutes choses égales d'ailleurs; déterminer la restriction de cette diminution sous l'influence d'une quantité de chaleur auxiliaire fournie, soit aux parois du cylindre par une chemise de vapeur, soit à la vapeur même par un surchauffage; même détermination sous l'influence de l'emploi du Woolf, soit seul, soit associé aux deux combinaisons précédentes.

» En tout état de cause, il faut commencer par prouver que, quels que soient les moyens employés pour restreindre les pertes mentionnées en 2°, on ne saurait jamais les annuler complétement; en d'autres termes, que la

perméabilité à la chaleur des parois du cylindre ne met jamais à même d'obtenir un rendement calorifique égal à celui qui correspond au cas d'*adiabatisme*. Il suffit, à cet effet, de démontrer que toute addition de chaleur externe, telle qu'on peut la réaliser en pratique, est désavantageuse au point de vue de l'économie du calorique. Cela se voit *a priori*, car, toutes choses égales d'ailleurs, pour tirer le plus de travail d'une quantité donnée de chaleur, on doit, d'après un principe bien connu de Thermodynamique, incorporer cette chaleur dans le corps travailleur à une température *constante* et égale à la plus haute que ce corps est appelé à posséder dans le cours de chaque cycle de la machine considérée. Or, lesdits moyens correspondent, par le mode même de leur action, à une incorporation de chaleur s'effectuant à la température *variable* que subit le fluide à chaque allée du piston. »

RAPPORTS.

PHYSIQUE. — *Rapport sur une boussole marine avec aiguille de nickel, de M.* Wharton.

(Commissaires : MM. Daubrée, Mouchez, Ed. Becquerel rapporteur.)

« M. Wharton, de Philadelphie, qui a préparé avec succès du nickel métallique au moyen du sulfure de ce métal, a présenté à l'Académie une boussole marine dont l'aiguille est formée par une lame de ce métal, douée d'une force coërcitive et d'un état magnétique permanent qu'il croit suffisants. Il a demandé en même temps que la boussole fût placée sur un des navires de l'État.

» Votre Commission est d'avis de répondre favorablement à cette demande et a l'honneur de vous proposer d'adresser la boussole de M. Wharton à M. le Ministre de la Marine, en le priant de vouloir bien en faire étudier la marche sur un des navires de l'Etat, concurremment avec les boussoles ordinaires en usage. »

Les conclusions de ce Rapport sont adoptées.

MÉMOIRES LUS.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur les Reptiles des temps primaires.* Note de M. ALB. GAUDRY.

(Renvoi à la Section de Minéralogie.)

« Les Vertébrés des temps primaires plus élevés que les Poissons ont été presque inconnus en France jusqu'à ces dernières années. L'*Aphelosaurus* de Lodève, dont on doit la description à M. Paul Gervais, était le seul Reptile qui eût été trouvé au-dessous des formations secondaires. Il y avait là une grande lacune dans l'histoire des habitants primitifs de notre pays; cette lacune commence à diminuer par suite des découvertes successives qui se font dans les terrains permiens d'Autun.

» Depuis que l'on exploite les schistes bitumineux des environs de cette ville, on avait remarqué de nombreux coprolites de Reptiles, variés non-seulement de taille, mais aussi de forme. Ces restes fossiles annonçaient qu'à la fin des temps primaires il existait déjà, dans nos contrées, de nombreux Reptiles, qui tôt ou tard apparaîtraient aux regards des géologues. J'ai fait connaître, en 1867, l'Actinodon, et, en 1875, le Protriton. Plus récemment, MM. Roche, l'abbé Duchêne, Vélain, Pellat, Renault, Jutier, Durand et Aymard m'ont communiqué de nouveaux échantillons, dont quelques-uns me paraissent dignes d'attirer l'attention de l'Académie.

» Je citerai d'abord les vertèbres de l'Actinodon, que j'ai reçues de MM. Roche et Vélain. Elles sont très-curieuses pour les naturalistes qui cherchent à comprendre l'histoire du type vertébré. J'ai l'honneur de montrer à l'Académie une de ces vertèbres; lorsqu'elle m'a été remise, elle était en plusieurs morceaux, dont chacun était isolé dans le schiste au milieu de diverses pièces; une fois qu'ils eurent été bien dégagés, l'inspection de leurs facettes indiqua qu'on pouvait les articuler ensemble, et je les replaçai, comme on le voit dans l'échantillon que je présente en ce moment. Le centrum est composé de trois parties : un os inférieur et deux os que je propose d'appeler *pleurocentrum*, parce qu'ils occupent les parties latérales du centrum. Ces pièces ne sont pas soudées; entre elles, il reste un vide qui était occupé par une portion de la notocorde encore persistante : la vertèbre a donc conservé en partie l'état embryonnaire. Dans l'arc neural lui-même, les sutures restées visibles indiquent la séparation des parties constituantes.

» On observe des dispositions analogues dans l'*Archegosaurus* du permien d'Allemagne; seulement, il y a un peu moins d'ossification, et le mode de fossilisation a rendu les pièces plus difficiles à étudier. M. Cope vient de signaler, dans le permien du Texas, des vertèbres qu'il a bien voulu me montrer et qui sont presque semblables à celles de l'Actinodon. Ainsi, vers la même période des temps géologiques, en Amérique, en Allemagne et en France, des animaux se sont trouvés dans le même état d'évolution. Lorsqu'on réfléchit que le caractère des plus anciens Vertébrés primaires a été de n'avoir pas de vertèbres, ou d'avoir des vertèbres sans centrum, on ne peut manquer d'être frappé de l'état dans lequel se présente la colonne vertébrale de plusieurs des Vertébrés à la fin des temps primaires : les éléments des centrum, déjà en grande partie formés, mais non soudés, indiquent le moment de l'évolution où va se terminer l'ossification de la colonne vertébrale, ébauchée dans les âges dévoniens; ils marquent le passage du Vertébré imparfait au Vertébré parfait.

» Parmi les fossiles permiens d'Autun, j'ai encore à citer un nouveau genre de Reptile, qui a été trouvé par M. Pellat et que je propose d'appeler *Pleuronoura Pellati*. C'était un être presque aussi chétif que le Protriton; il s'en distinguait par sa queue, notablement plus grande, composée de quinze vertèbres dont les premières portaient des côtes; il ne s'en faut pas de beaucoup que la queue égalât le tiers de la longueur totale du corps, tandis que, le plus souvent, dans le Protriton, elle n'en est que le sixième et n'a que huit vertèbres.

» Comme le Pleuronoura a eu la partie postérieure de son corps mieux adaptée pour la locomotion aquatique que chez le Protriton, il n'a pas eu besoin d'avoir sès membres de devant disposés pour la natation; aussi, au lieu d'être tournés en arrière, comme chez le Protriton, ils sont tournés en avant, comme chez les Batraciens qui vont à terre. Les parties molles du Pleuronoura ont laissé leur empreinte, et l'on peut tracer à peu près le contour qu'avait le corps de l'animal; rien de pareil ne se voit dans le Protriton; peut-être en doit-on conclure que le Pleuronoura avait une peau plus résistante.

» A côté de pièces qui annoncent chez les Vertébrés du permien des états d'organisation peu élevés, M. Roche vient de découvrir, à Igornay, un os qui provient d'un Reptile dont les membres de devant devaient être très-perfectionnés. Cet os est un humérus d'une forme étrange; sa portion proximale est développée d'arrière en avant, tandis que sa portion distale s'étale transversalement; il a une crête deltoïde très-proéminente; sa face

inférieure, bien que brisée, indique la présence d'un condyle; sur le côté, on voit des piliers, qui semblent être les rudiments d'une arcade destinée au passage d'une artère, comme dans plusieurs Mammifères carnivores. Cet os appartient à un bien plus grand Reptile que tous ceux dont on a jusqu'à présent découvert les débris dans les terrains primaires de notre pays, car il a $0^{m},120$ de long, $0^{m},057$ de profondeur d'arrière en avant dans sa partie proximale et $0^{m},085$ de largeur dans sa partie distale. Je l'inscris sous le nom d'*Euchyrosaurus Rochei*, parce qu'il révèle un animal qui devait être plus adroit de ses mains que les Reptiles actuels. Des os un peu analogues ont déjà été signalés par Kutorga en Russie, par M. Owen dans l'Afrique australe, par M. Cope dans le Texas; ces savants paléontologistes ont été frappés de leurs rapports avec ceux des Mammifères. L'humérus du Reptile d'Igornay fournit un exemple de plus de l'inégalité avec laquelle l'évolution des êtres s'est produite, dans les temps géologiques, et il porte à penser qu'il y a encore à exhumer beaucoup de vieilles formes de Vertébrés, car sans doute l'animal dont il provient n'a pas été un type initial : il a dû être précédé par plusieurs genres de Reptiles moins élevés. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Réponse aux observations de M. G. Sire sur un appareil gyroscopique.* Note de M. Gruey, présentée par M. Faye.

(Commissaires précédemment nommés : MM. Bertrand, Faye, Tresca.)

« Dans une Note insérée par extrait au *Compte rendu* du 18 novembre dernier, M. Sire fait, à propos de mon premier appareil gyroscopique, présenté le 9 septembre, quelques observations auxquelles je crois devoir répondre.

» M. Sire affirme que le mouvement de mon appareil lui était connu dès 1852; puis, dès l'invention de son polytrope, c'est-à-dire en 1859; qu'il l'a signalé à plusieurs Membres de l'Académie le 18 juillet 1859, notamment à M. de Senarmont, qui l'aurait réalisé sur-le-champ à l'aide du polytrope; qu'enfin ce mouvement se produit forcément dans un grand nombre d'expériences exécutées par lui.

» Je ferai remarquer qu'il n'existe pas trace des affirmations précédentes, ni dans les *Comptes rendus*, ni dans les écrits de M. Sire sur la rotation, que je viens de relire avec soin. Quant aux affirmations actuelles,

je n'ai qu'à leur appliquer la réponse que M. de la Rive adressait à M. Sire, en 1858, dans les *Archives de Genève*, pour établir la priorité de Foucault à l'égard du principe du parallélisme des axes de rotation :

« Il est admis universellement, en Science, que la date de la publication détermine seule la priorité; nous ne pouvons donc admettre en faveur de M. Sire les témoignages très-respectables qu'il invoque, non plus que des expériences qui n'ont pas été publiées. »

» M. Sire invoque une pièce écrite, son intéressant Mémoire de 1860 :

« ... où, dit-il, j'insiste surtout sur ce fait constant, que, si l'on intervertit la rotation méridienne, l'*orientation* de l'axe du tore change immédiatement de sens, c'est-à-dire que cet axe décrit une *demi-révolution,* presque toujours dépassée en vertu de la vitesse acquise... Cette inversion de l'axe du tore se produit dans les expériences réalisées à l'aide de mon polytrope, instrument que j'ai imaginé dans le but de reproduire artificiellement, en les agrandissant et pour toutes les latitudes, les phénomènes d'*orientation* de l'axe d'un tore, phénomènes que le gyroscope de Foucault n'accuse que pour une seule station. »

» M. Sire donne lui-même l'explication du silence qu'il a gardé jusqu'à ce jour sur une observation qui avait si vivement frappé de Senarmont. L'orientation de l'axe du tore et son application à la rotation terrestre sont la préoccupation constante et exclusive de son Mémoire de 1860, comme de ses autres écrits sur le même sujet. Partout on y voit un axe qui se *fixe,* après quelques oscillations, soit dans une direction *déterminée,* soit dans la direction contraire, après un demi-tour seulement; on n'y voit nulle part une *rotation continue* provenant de cette inversion. Il n'est plus permis de douter aujourd'hui que cette rotation continue ait été observée par M. Sire; le serait-il de supposer qu'elle a été écartée systématiquement de tous ses écrits, comme un phénomène radicalement contraire à celui de l'orientation, pour lequel le polytrope a été spécialement construit ?

» Je lis, il est vrai, un peu plus loin, dans la Note à laquelle je réponds :

« Si le changement de sens de la rotation méridienne est fait convenablement et à de courts intervalles, l'inversion dans l'orientation de l'axe du tore donne lieu à une rotation continue de cet axe, qui est précisément le mouvement produit dans l'appareil de M. Gruey. »

» Mais c'est la première fois, à ma connaissance, que M. Sire publie cet énoncé, qui était depuis si longtemps dans son esprit.

» Ai-je besoin d'ajouter que M. Sire n'a pas construit d'appareil spécial pour produire régulièrement, avec une grande rapidité, la rotation continue de l'axe du tore sous une action vibratoire invisible, phénomène qui a peut-être son analogue dans certains faits de Météorologie ou de Physique moléculaire? M. Sire dit aujourd'hui que son polytrope peut servir à cette

expérience; mais il écrivait autrefois, dans son Mémoire de 1860, page 14, que, pour produire une seule inversion de l'axe du tore, c'est-à-dire un seul demi-tour, il fallait opérer avec précaution et lenteur, sous peine de briser l'axe. Que deviendrait donc le polytrope si l'on réussissait, ce qui est impossible, à produire un instant avec lui une rotation de cinquante à soixante tours par seconde?... »

PHYSIQUE. — *Sur un phénomène nouveau d'électricité statique.* Note de M. E. **Duter**, présentée par M. Jamin.

(Commissaires précédemment nommés : MM. Fizeau, Edm. Becquerel, Jamin.)

« M. Govi, dans sa Note du 2 décembre dernier, présente comme une continuation de ses recherches mes expériences établissant un phénomène nouveau d'électricité statique. L'Académie me permettra, j'espère, de faire remarquer que cette manière de présenter les faits n'est pas exacte : le savant italien a seulement observé qu'un liquide formant l'armature interne d'une bouteille de Leyde subit, par la charge, une contraction apparente, et son expérience ne permet pas de décider si l'effet observé est dû soit à une diminution réelle du volume du liquide, soit à une dilatation de l'enveloppe; aussi s'est-il arrêté à une interprétation fausse, en admettant que c'est le liquide qui se contracte. L'expérience que j'ai instituée établit, au contraire, de la manière la plus irrécusable, que, dans l'électrisation d'une bouteille de Leyde, c'est l'enveloppe qui se dilate.

» Je viens confirmer cette conclusion par une nouvelle expérience. Puisque c'est l'enveloppe qui se dilate, il faut que le verre éprouve l'effet d'une pression intérieure : or, la théorie de l'élasticité et les formules de Lamé prouvent que l'effet d'une telle pression, dans une sphère creuse, est en raison inverse de l'épaisseur. En conséquence, j'ai fait préparer, d'après les conseils de M. Jamin, trois ballons de même volume, dont les épaisseurs sont 4 millimètres, $0^{mm},8$ et $0^{mm},5$; je les ai remplis d'eau et entourés de feuilles d'étain; ils portent un tube thermométrique capillaire, en communication avec le liquide, dont les variations de niveau servent à mesurer les changements de volume dus à l'électrisation. J'ai trouvé que ces changements sont imperceptibles dans le ballon épais, très-notables dans le ballon d'épaisseur moyenne, et s'élèvent jusqu'à 30 millimètres dans le plus mince.

» En effectuant les mesures, j'ai reconnu que les variations de volume sont sensiblement en raison inverse des racines carrées des épaisseurs, ce qui devait être, car, d'une part, les charges électriques sont inversement proportionnelles aux épaisseurs, et, d'autre part, les changements de volume par l'effet de la pression varient de la même manière; l'effet total résultant de la superposition de ces deux causes doit donc être en raison inverse du carré de l'épaisseur.

» Ces nouvelles expériences ne confirment pas seulement mes premières conclusions, contraires à celles de M. Govi : elles me permettent d'assimiler l'effet à celui d'une pression exercée de l'intérieur à l'extérieur; par conséquent, de le mesurer par la pression contraire, qui détruirait l'effet, et de trouver ainsi une mesure simple et précise de la charge électrique. Je m'occupe de réaliser cette mesure. »

MINÉRALOGIE. — *Production artificielle de la néphéline et de l'amphigène, par voie de fusion ignée et recuit à une température voisine de la fusion.* Note de MM. **F. Fouqué** et **A.-Michel Lévy**, présentée par M. Daubrée.

(Renvoi à la Commission précédemment nommée).

« La méthode que nous avons appliquée à la reproduction des feldspaths nous a également permis de reproduire artificiellement la néphéline et l'amphigène.

» *Néphéline.* — Lorsqu'on opère sur un mélange de silice, d'alumine et de carbonate de soude tel que les proportions d'oxygène du protoxyde, du sesquioxyde et de l'acide soient comme 1 : 3 : 4, on obtient facilement par fusion et recuit peu prolongé un culot blanc à reflet soyeux, que le microscope montre composé de petits prismes hexagonaux ($0^{mm},12$ de long sur $0^{mm},08$ de large), doués des propriétés optiques connues de la néphéline; les sections hexagonales restent constamment éteintes entre les nicols croisés; les sections rectangulaires s'éteignent suivant leurs côtés; les cristaux présentent parfois un noyau central opaque, comme la néphéline de certains phonolithes. On remarque aussi quelques rosettes hexagonales à mâcles multiples, composées de secteurs triangulaires diversement orientés.

» Quand on part d'un mélange légèrement surchargé en silice ($1:3:4\frac{1}{2}$), on obtient un culot entièrement cristallisé, qui, au point de vue optique, est à la néphéline hexagonale ce que la calcédoine est au quartz. Les

lamelles cristallines sont composées de nombreux cristaux élémentaires, se pénétrant mutuellement et constituant des mâcles multiples qui ne s'éteignent pas en une seule fois entre les nicols croisés. Parfois on aperçoit au centre d'une lamelle deux rectangles allongés se croisant suivant un angle voisin de 120 degrés; l'extinction de l'ensemble se fait alors simultanément, ce qui suppose un axe de rotation de la mâcle coïncidant avec un des axes principaux de l'ellipsoïde d'élasticité, resté commun à chacun des cristaux élémentaires et en même temps à la lamelle ambiante. Cette variété singulière de néphéline, d'apparence calcédonieuse, présente par places de véritables phénomènes de concrétion; comme la néphéline typique, elle fait facilement gelée avec les acides.

» Nous avons essayé de faire cristalliser simultanément $\frac{1}{10}$ de pyroxène avec $\frac{9}{10}$ de néphéline; le résultat a été la production d'un mélange de quatre minéraux différents :

» 1° Néphéline typique, bien caractérisée, se présentant à peu près dans les proportions attendues;

» 2° Spinelle vert marin pâle, en petits octaèdres réguliers très-nets, doués au microscope du relief qui caractérise le spinelle naturel;

» 3° Grenat mélanite jaune brunâtre en dodécaèdres réguliers, plus volumineux que les octaèdres de spinelle, mais moins abondants;

» 4° Microlithes très-fins, très-allongés, d'une substance incolore, fibreuse, prenant des teintes vives entre les nicols croisés et s'éteignant en long.

» *Amphigène*. — L'amphigène, obtenu artificiellement par fusion et recuit prolongé à haute température, s'est présenté à nous, comme l'amphigène naturel, sous forme de polyèdres à angles arrondis, voisins de la forme sphérique; quelques-uns nous ont présenté des formes géométriques nettes se rapportant à un trapézoèdre et donnant en plaque mince des sections souvent octogonales.

» On peut parfois détacher du fond des culots ces petits sphéroïdes et les isoler sous forme d'une poussière cristalline; lorsqu'on en examine une préparation entre les nicols croisés, on constate qu'ils ont une action sensible sur la lumière polarisée; tantôt on aperçoit des bandes parallèles disposées en séries rectangulaires, comme on les observe dans les plaques épaisses d'amphigène naturel; tantôt on n'y découvre que la croix noire commune aux perles de verre comprimé. Tous les phénomènes disparaissent, comme d'ailleurs pour l'amphigène naturel, dans les plaques très-minces, et ne se montrent pas non plus dans les cristaux de très-petite taille.

» Les cristaux d'amphigène artificiel contiennent des inclusions vitreuses avec bulles de gaz, plus fréquentes au centre qu'à la périphérie.

» Nous avons tenté de reproduire simultanément l'amphigène et le pyroxène et nous y sommes arrivés avec la plus grande facilité; dans ce cas, les petits cristaux de pyroxène produits sont identiques à ceux des leucitophyres. Ils forment couronne autour des cristaux d'amphigène dont ils définissent nettement les contours; parfois même, ils s'y implantent radialement. Les inclusions vitreuses de l'amphigène sont alors composées d'un verre brun clair.

» Dans certaines plages où les cristaux d'amphigène se fondent les uns avec les autres, le pyroxène s'oriente en arborisations rectangulaires, rappelant la disposition analogue des inclusions d'autre nature que contient l'haüyne ou la noséane. Les amphigènes naturels présentent aussi exceptionnellement de pareilles arborisations.

» La production du pyroxène est accompagnée de celle du fer oxydulé, et du fer oligiste en lamelles transparentes d'un rouge vif. »

OLOGIE PATHOLOGIQUE. — *Troisième Note sur l'infection vaccinale. Rôle élaborateur des ganglions lymphatiques;* par M. **Maurice Raynaud**, présentée par M. Vulpian.

(Renvoi à la Section de Médecine et de Chirurgie).

« J'ai précédemment indiqué les probabilités qui se réunissent pour faire attribuer au système lymphatique un rôle prépondérant dans le mécanisme physiologique de l'infection vaccinale. Ce rôle consisterait, non-seulement dans un phénomène d'absorption, mais dans une élaboration spéciale dont les ganglions seraient le théâtre.

» J'ai surtout insisté : 1° sur la constance absolue de l'engorgement du ganglion le plus proche du lieu d'inoculation : ce que j'ai appelé le *bubon vaccinal ;* 2° sur la possibilité de déceler des traces de virulence dans le contenu des vaisseaux lymphatiques en amont de ce ganglion, celui-ci n'étant, au contraire, jamais virulent. C'est en ce point que le phénomène de l'inoculabilité disparaîtrait, pour faire place, par une sorte de transformation, à celui de l'immunité. Les expériences nouvelles que je vais rapporter me paraissent propres à confirmer cette manière de voir.

» Je commence par poser en axiome que le critérium infaillible de l'infection vaccinale, c'est l'inaptitude à une réinoculation. La démonstra-

tion cherchée, en ce qui concerne le rôle des ganglions lymphatiques, peut se ramener à ce double problème :

1° Faire pénétrer dans l'économie le virus vaccin par une voie qui se rapproche autant que possible de celle des lymphatiques et du tissu conjonctif (ce qui, au point de vue anatomique, est tout un), mais qui soit telle cependant que le virus n'ait pas à passer par un ganglion, et s'assurer alors que, dans ces conditions, l'immunité n'existe pas;

» 2° Supprimer l'action du ganglion et, grâce à cette suppression, pouvoir inoculer la peau sans que l'immunité en soit la conséquence.

» *Premier problème.* — J'ai dit : *par une voie qui se rapproche autant que possible de celle des lymphatiques et du tissu conjonctif.* C'est, en effet, volontairement que je laisse de côté les injections directes de virus vaccin dans le sang. Outre que le résultat de ces injections est inconstant, il convient d'observer que l'on ne peut les faire qu'à des doses relativement massives; dès lors, le virus une fois entré artificiellement dans la masse sanguine, on peut toujours supposer qu'il se répand dans tous les organes vasculaires, y compris les ganglions lymphatiques, qu'il s'agit précisément de mettre hors de cause.

» Cherchons donc un organe qui possède une structure lymphatique; qui soit, comme tel, éminemment propre à l'absorption; qui, cependant, ne soit pas en connexion avec un ganglion; enfin, qui soit facilement accessible à l'opérateur. Je n'en vois guère qu'un qui satisfasse à ces conditions multiples : c'est la chambre antérieure de l'œil. La membrane de Descemet est, en effet, histologiquement analogue aux espaces lymphatiques. Néanmoins, on ne connaît aucun ganglion qui soit en rapport avec les membranes internes de l'œil; en fait, les inflammations profondes du globe oculaire ne donnent jamais lieu à une adénite.

» Il n'est pas douteux que ce ne soit là un puissant organe d'absorption; tous les chirurgiens savent avec quelle rapidité se résorbent les épanchements sanguins sous-cornéaux. J'ai tenu, du reste, à constater le fait par une expérience directe. Avec une seringue de Pravaz, j'injecte sous la cornée d'un veau 3 centigrammes de sulfate d'atropine dissous dans un peu d'eau distillée. Trois quarts d'heure après, je recueille l'urine de cet animal; une goutte de cette urine instillée dans l'œil d'un cabiais produit la dilatation pupillaire.

» Cette certitude acquise, j'injecte, dans la chambre antérieure de l'œil d'un veau, quelques millimètres cubes de bon vaccin. Sept jours après, je pratique une nouvelle inoculation à la peau par les procédés ordinaires;

elle réussit. Cette expérience a été faite deux fois avec le même succès. Inutile de dire que l'œil ainsi injecté s'est troublé, et que la cornée est devenue opaque.

» Nous voici donc en possession d'une voie d'introduction du virus vaccin dans l'organisme, qui n'empêche pas l'aptitude à une nouvelle inoculation. En d'autres termes, il y a eu absorption, pénétration du virus, mais il n'y a pas eu infection. J'attribue ce résultat à l'absence d'un ganglion élaborateur.

» *Second problème*. — Il s'agit de supprimer l'action du ganglion; le moyen le plus simple est l'extirpation préalable de cet organe, avant l'inoculation cutanée.

» Dans une expérience antérieure, le ganglion poplité d'un veau ayant été préalablement extirpé, je faisais sur la face externe du canon quelques inoculations. Une semaine après, les boutons étant bien développés, je pratiquais sous le ventre une nouvelle inoculation, qui restait stérile, comme cela a lieu dans les conditions ordinaires. La première inoculation n'était donc pas restée un accident local et avait bien produit l'infection, malgré l'absence du ganglion.

» Mais cette expérience est passible d'une grave objection. On peut admettre que le virus secondairement éclos dans les boutons de vaccin avait été charrié par les lymphatiques jusque dans la plaie du creux poplité, puis repris là par l'absorption, et transporté à des ganglions ultérieurs. C'est cette cause d'erreur que j'ai voulu éviter.

» Je suis obligé de rappeler ici un fait capital : si, après avoir fait une inoculation, on enlève, le lendemain, la petite rondelle de peau inoculée, l'animal n'en est pas moins dûment vacciné et réfractaire à une nouvelle inoculation, bien qu'il n'ait pas eu d'éruption locale.

» Cela ne tiendrait-il pas à ce que, dans l'intervalle de temps écoulé, quelques parcelles de lymphe virulente ont pu pénétrer jusqu'au ganglion le plus proche, de sorte que, au moment où l'on enlève la rondelle de peau, déjà l'ennemi est dans la place? Quoi qu'il en soit de cette interprétation, il m'a paru instructif, pour le but que je poursuis, de combiner cette expérience avec celle de l'extirpation préalable du ganglion. Voici comment je procède :

» Je commence par enlever le ganglion poplité de mon veau, puis je fais, comme ci-dessus, trois points d'inoculation vaccinale sur la face externe du canon. Voulant laisser les choses en l'état, assez de temps pour être certain que l'absorption a pu se faire, mais assez peu pour qu'il n'y ait aucun travail de prolifération locale, je reviens au bout de dix-huit

heures, et j'enlève la languette de peau inoculée; puis, au moyen de sutures métalliques, je réunis par première intention : naturellement il ne se produit aucune éruption locale.

» D'après ce que je disais tout à l'heure, dans les conditions ordinaires, l'immunité devrait être acquise. Or, elle ne l'est pas, car lorsque, après six jours écoulés, je fais une nouvelle inoculation sur le ventre, celle-ci réussit et donne lieu à une belle éruption. Donc, la première fois, il y avait eu absorption, mais il n'y avait pas eu infection.

» Quelle différence y a-t-il entre cette expérience et celle de l'enlèvement pur et simple de la languette d'inoculation? Une seule : c'est qu'ici le ganglion a été préalablement extirpé. Le virus qui a pu être absorbé pendant dix-huit heures n'a pas rencontré de ganglion où il pût être élaboré; il est resté inoffensif.

» D'un autre côté, les boutons de vaccin n'ayant pu se développer, grâce à la résection du lambeau cutané récepteur du virus, ce dernier n'a pas proliféré; il n'y a pas eu de matière virulente secondairement absorbée. Aussi, les piqûres faites n'ont-elles eu que la valeur d'un simple accident local, et l'économie, restée vierge, a été apte à une réinoculation.

» Les deux problèmes expérimentaux dont je parlais en commençant ont donc reçu leurs solutions, et ces solutions concordent dans le sens du rôle que j'avais cru pouvoir attribuer aux ganglions lymphatiques. »

M. G. Péraux soumet au jugement de l'Académie une Table graphique pour le jaugeage des tonneaux. Cette Table est accompagnée d'une Note dans laquelle l'auteur indique les principes d'après lesquels elle a été construite.

(Commissaires : MM. de la Gournerie, Tresca.)

M. Pénard soumet au jugement de l'Académie un Mémoire, avec de nombreuses Tables numériques, sur l'aréomètre alcoométrique.

(Commissaires : MM. Edm. Becquerel, Jamin, Tresca.)

M. Puiseux est adjoint à la Commission qui a été nommée, le 22 juillet 1878, pour examiner diverses Notes de M. *Gilbert de Failly*, sur les propriétés de la matière.

M. A. Cornu est adjoint à la Commission qui a été nommée pour juger le concours du prix Bordin pour l'année 1878 (loi d'Ampère).

CORRESPONDANCE.

M. le **Président** présente à l'Académie, pour être déposés à la bibliothèque de l'Institut, au nom de la famille **Carnot** :

1° Un exemplaire imprimé d'une nouvelle édition du Mémoire publié en 1824 par *Sadi Carnot*, sous le titre de *Réflexions sur la puissance motrice du feu*, avec addition de Fragments inédits trouvés dans les papiers de l'auteur, et d'une Notice biographique par M. *H. Carnot*;

2° Le manuscrit de ce Mémoire et des fragments nouveaux, en quatre cahiers, écrits en entier de la main de *Sadi Carnot*.

La Lettre suivante de M. *H. Carnot* accompagne cet envoi, que l'Académie reçoit avec reconnaissance :

« Paris, le 30 novembre 1878.

» Monsieur le Président,

» Le nom de mon frère aîné, Sadi Carnot, a été plusieurs fois prononcé devant l'Académie; plusieurs fois ses *Réflexions sur la puissance motrice du feu* ont été signalées comme ayant engendré une science nouvelle, la *Thermodynamique*. Ce Mémoire, seul écrit que l'auteur ait achevé, n'a reçu qu'une publicité très-restreinte, en 1824, et peu de personnes ont connaissance de son texte. Une édition nouvelle était donc nécessaire, et j'ai cru devoir l'accompagner d'une Notice biographique sur mon frère, dont la vie est encore moins connue que l'Ouvrage. J'y joins quelques fragments inédits qui, s'ils n'apportent point à la Science des résultats nouveaux, témoignent que Sadi Carnot avait prévu avec une assez grande netteté les conséquences que l'on a plus tard tirées de ses idées. Leur révélation est donc envers l'auteur un acte de justice. Et, pour qu'il ne reste à cet égard aucune incertitude, j'ai l'honneur de vous adresser le manuscrit même de mon frère, avec prière de vouloir bien en ordonner le dépôt dans les archives de l'Institut, où il pourra toujours être consulté.

» Permettez-moi, monsieur le Président, d'ajouter à cet envoi celui d'un manuscrit autographe des *Réflexions sur la puissance motrice du feu*. Peut-être l'Académie le jugera-t-elle digne du même honneur : le point de départ d'une science ne saurait manquer d'intérêt à vos yeux, surtout quand elle a contribué, comme la Théorie mécanique de la chaleur, au progrès moderne de toutes les Sciences physiques.

» L'Ouvrage de Sadi Carnot renferme, avec d'importantes observations

sur les propriétés des gaz, sur leurs chaleurs spécifiques, sur les effets de leurs changements de volumes, l'exposé de l'un des deux principes fondamentaux de la Thermodynamique, du principe auquel est particulièrement attaché son nom, et dont plus tard Clausius a démontré l'exactitude en dehors de toute hypothèse sur la nature de la chaleur.

» On trouve dans le même Ouvrage les premiers exemples de ces *cycles d'opérations*, dont la Théorie mécanique de la chaleur a fait depuis un si fécond usage. L'importance n'en fut pas appréciée tout de suite; mais, dix ans plus tard, Clapeyron remit en lumière les nouvelles formes de raisonnement de Sadi Carnot, en y joignant une représentation graphique qui rendit beaucoup plus faciles leur intelligence et leur application.

» La Science se trouva donc pourvue de méthodes qui devaient lui permettre de développer rapidement les conséquences des lois de la Thermodynamique, lorsque ces lois eurent été complétées et solidement assises par les découvertes de Mayer, de Colding et de Joule.

» Ces lois, la loi d'équivalence du moins, était ignorée de tous et de Sadi Carnot lui-même, lorsqu'il composa son Livre. Elle se dégagea peu à peu dans la suite de ses travaux. Il arriva à la concevoir et à la formuler exactement : ses notes manuscrites, ses programmes d'expériences ne laissent aucun doute à cet égard. On sera frappé, en les lisant, de l'analogie qui existe entre certaines des idées qu'il exprime et celles qui ont été plus tard développées par Mayer, entre ses projets d'expériences et les expériences qui ont été réalisées par Joule. Il est bien entendu que la similitude dont nous parlons ne diminue en rien le mérite de ces savants, puisqu'ils n'eurent pas connaissance des travaux de leur prédécesseur. Mais il est juste aussi de dire que celui-ci était parvenu, dix ou quinze ans plus tôt, à la notion exacte des mêmes principes, car, sans pouvoir assigner une date précise aux Notes manuscrites de Sadi Carnot, on sait, du moins, qu'elles sont postérieures à 1824 et antérieures à 1832, époques, l'une de la publication de son Ouvrage, et l'autre de sa mort.

» Les Notes de Sadi Carnot contiennent une série d'objections contre l'hypothèse de la matérialité du calorique, hypothèse admise presque universellement jusqu'alors sous l'autorité des plus grands noms, et que lui-même avait prise pour point de départ dans ses *Réflexions sur la puissance motrice du feu*. Il propose d'y substituer une autre hypothèse, d'après laquelle la chaleur serait le résultat d'un mouvement vibratoire des molécules.

« La chaleur, dit-il, est donc le résultat d'un mouvement.

» Alors il est tout simple qu'elle puisse se produire par la consommation de puissance motrice et qu'elle puisse produire cette puissance. »

» Sadi Carnot ne se borne pas à signaler la transformation de la chaleur en travail : il insiste, à plusieurs reprises, sur l'équivalence de ces deux quantités. Le principe d'équivalence, tel que nous le concevons aujourd'hui, n'est-il pas clairement exprimé dans les phrases suivantes?

« Partout où il y a destruction de puissance motrice, il y a en même temps production de chaleur, en quantité précisément proportionnelle à la quantité de puissance motrice détruite. Réciproquement, partout où il y a destruction de chaleur, il y a production de puissance motrice.

» D'après quelques idées que je me suis formées sur la Théorie de la chaleur, la production d'une unité de puissance motrice nécessite la destruction de 2,70 unités de chaleur. »

» Si l'on compare cette évaluation à celles qui ont été données plus tard, on remarquera que l'unité de puissance motrice dont il est ici question est la *dynamie*, définie ailleurs *le travail effectué en élevant* 1 *mètre cube d'eau à* 1 *mètre de hauteur*. Elle équivaut donc à 1000 kilogrammètres, et, par conséquent, l'unité de chaleur correspondrait, d'après cette Note, à $\frac{1000}{2,70}$ ou à 370 kilogrammètres.

» En 1842, Mayer, prenant pour point de départ de ses calculs les valeurs du coefficient de dilatation et de la chaleur spécifique de l'air qui avaient cours à cette époque dans la Science, arriva au nombre de 365 kilogrammètres. Depuis les expériences de Joule, on a généralement adopté le nombre 425 pour l'équivalent mécanique d'une unité de chaleur.

» Ainsi, non-seulement Sadi Carnot était arrivé à la notion précise de l'équivalence entre les quantités de chaleur et de puissance motrice, mais il avait réussi à représenter cette équivalence par une valeur numérique, et cette valeur était même un peu plus voisine de la vérité que celle de Mayer.

» Nous sommes donc fondés à dire que, si dans son premier Ouvrage, publié en 1824, il a formulé le principe auquel on a conservé son nom, par ses travaux ultérieurs il est aussi parvenu à la découverte du principe d'équivalence, qui forme, avec le premier, la base fondamentale de la Thermodynamique.

» Une mort prématurée ne lui a pas permis d'établir cette loi sur des preuves assez solides pour la faire connaître au monde savant.

» Veuillez, monsieur le Président, recevoir l'hommage de ma plus haute considération. »

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Les deux premiers volumes de la 4e édition du « Traité de Physique théorique et expérimentale », par M. *P.-A. Daguin;*

2° Un volume de M. *L. Figuier,* portant pour titre : « Connais-toi toi-même; notions de Physiologie à l'usage de la jeunesse et des gens du monde »;

3° Les Rapports de M. *Girard de Cailleux* sur les résultats obtenus à l'asile d'aliénés de Marsens (canton de Fribourg) en 1875, 1876 et 1877. (Ces Rapports seront renvoyés à la Commission du Concours de Statistique.)

ASTRONOMIE. — M. **Mouchez**, en communiquant à l'Académie les dessins astronomiques qu'il vient de recevoir de M. *Trouvelot,* pour l'Observatoire, s'exprime comme il suit :

« M. Trouvelot, astronome français habitant les États-Unis, s'occupe depuis plusieurs années, à l'observatoire de Harvard College, de dessiner les corps célestes tels qu'il peut les apercevoir avec une grande lunette de 26 pouces d'ouverture ; il adresse à Paris, pour les collections en formation à l'Observatoire, cinq magnifiques dessins gravés, que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie.

» Deux de ces dessins représentent des taches du Soleil, vues le 16 juin 1875;

» Le troisième représente Saturne et son anneau (30 novembre 1874);

» Le quatrième, une protubérance solaire (4 mai 1878);

» Le cinquième, une éclipse totale du Soleil.

» M. Trouvelot offre encore de nous donner une collection de deux cent cinquante vues de Jupiter et de Mars, si l'Observatoire de Paris veut se charger de les publier ; comme Français, il préférerait voir ses travaux publiés en France. Malheureusement, l'état du budget de l'Observatoire ne nous permettrait pas d'entreprendre une publication aussi coûteuse, et, d'ailleurs, MM. Henry frères ont fait, à l'Observatoire de Paris, une série semblable de vues de ces planètes, avec une lunette moins puissante il est vrai, mais que nous devrions d'abord publier si nos moyens nous le permettaient. C'est donc avec regret que nous sommes obligés de refuser une offre aussi intéressante. »

ASTRONOMIE. — *Sur les taches et protubérances solaires observées à l'équatorial du Collége romain.* Note du P. **Ferrari**, présentée par M. Mouchez.

« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie la suite des observations sur l'état physique du Soleil, commencées par le R. P. Secchi, mon vénéré maître, et poursuivies avec assiduité à l'observatoire du Collége romain.

» La méthode employée actuellement pour cette étude est connue des astronomes et décrite par le R. P. Secchi dans son Ouvrage, *le Soleil:* c'est l'examen du spectre de diffraction obtenu avec un réseau qui a été construit par M. Rutherfurd et donné par lui-même au R. P. Secchi. Il a réussi à tracer, non-seulement sur verre, mais aussi sur le métal des miroirs, des réseaux ayant une surface d'environ 1 pouce carré et contenant 4000 lignes parfaitement égales et rigoureusement parallèles. Le spectre ainsi obtenu est magnifique. Nous observons dans le spectre de second ordre, et, pour détruire la confusion du violet avec le rouge, nous employons un verre rouge (¹).

» Les tableaux que nous présentons à l'Académie, pour le second semestre 1877, sont construits de la même manière que ceux qui ont été donnés par le R. P. Secchi pour le premier semestre. Ceux du premier semestre de 1878 sont déjà préparés.

Tableau I. — *Comparaison entre les taches et les protubérances du Soleil pendant le 2ᵉ semestre 1877.*

Numéros d'ordre des rotations.	Date approchée du commencement des rotations.	Protubérances.				Taches.			
		Nombre des protubérances dans l'hémisphère		Nombre des jours d'observation.	Nombre total des protubér. divisé par le nombre des jours.	Nombre de groupes des taches.	Superficie des taches.	Nombre des jours d'observation.	Superficie divisée par le nombre des jours.
		nord.	sud.						
LXXXII.. ..	13 juin 1877.	27	27	13	4,1	5	42	24	1,7
LXXXIII....	16 juillet.	56	59	17	6,7	3	19	24	0,8
LXXXIV....	7 août.	38	44	23	3,5	2	45	24	1,9
LXXXV.....	3 septembre.	23	19	10	4,2	4	162	17	9,5
LXXXVI....	1 octobre.	13	18	11	2,8	1	28	14	2,0
LXXXVII. ..	28 novembre.	27	27	15	3,6	2	435	19	22,9
LXXXVIII ..	25 décembre.	8	11	5	3,8	1	42	7	6,0

(¹) Il y a déjà presque trois ans que nous employons ce réseau, et l'image obtenue est toujours très-nette; il n'y a pas trace d'oxydation nuisible sur le réseau. Une boîte circulaire reçoit la plaque métallique aussitôt que l'on a achevé l'observation.

TABLEAU II. — *Résumé des observations des protubérances solaires du 2e semestre 1877.*

ROTATIONS.	HÉMISPHÈRE NORD. 90° à 80°.	80° à 70°.	70° à 60°.	60° à 50°.	50° à 40°.	40° à 30°.	30° à 20°.	20° à 10°.	10° à 0°.	HÉMISPHÈRE SUD. 0° à 10°.	10° à 20°.	20° à 30°.	30° à 40°.	40° à 50°.	50° à 60°.	60° à 70°.	70° à 80°.	80° à 90°.	SOMMES. Nord.	SOMMES. Sud.	NOMBRE TOTAL par jour.	JOURS d'observations.
Nombre des protubérances.																						
LXXXII....	2	1	3	2	5	2	6	4	2	3	8	2	1	4	6	1	1	1	27	27	6,1	13
LXXXIII...	3	4	2	3	9	9	11	10	5	7	12	10	6	10	8	.	3	3	56	59	6,7	17
LXXXIV....	3	1	2	4	7	7	8	3	3	4	5	14	7	2	8	1	2	1	38	44	3,5	23
LXXXV....	.	.	.	2	8	8	2	1	2	2	2	1	3	9	.	1	.	1	23	19	4,2	10
LXXXVI....	.	.	.	4	3	2	2	.	2	2	3	6	3	2	1	1	.	.	13	18	2,8	11
LXXXVII...	1	.	.	1	7	7	6	4	1	3	4	3	6	7	4	.	.	.	27	27	3,6	15
LXXXVIII..	1	.	.	.	4	1	1	1	.	1	1	1	3	5	.	.	.	.	8	11	3,8	5
Totaux...	10	6	7	16	43	36	36	23	15	22	35	37	29	39	27	4	6	6	192	205	4,1	94
Hauteur des protubérances.																			Somme moyenne.		Moy.	
LXXXII....	5,0	4,0	9,7	6,5	9,5	7,5	8,8	6,3	6,0	5,0	7,3	4,5	9,0	10,5	6,2	7,0	5,0	4,0	7,0	6,5	6,7	
LXXXIII....	5,2	6,0	5,0	5,7	7,8	8,8	8,6	8,5	7,8	6,3	7,1	8,5	8,1	9,8	6,9	.	5,7	7,7	7,0	7,5	7,2	
LXXXIV....	5,7	7,0	6,5	6,0	8,9	7,3	8,8	7,3	6,2	7,7	7,1	8,9	7,9	7,5	8,2	7,0	7,5	8,0	7,1	7,7	7,4	
LXXXV....	.	.	.	8,5	9,4	11,4	11,0	5,0	10,0	8,0	9,0	8,0	9,3	8,4	.	8,0	.	7,0	9,2	8,2	8,7	
LXXXVI...	.	.	.	10,5	11,2	8,0	5,5	.	8,5	7,0	7,7	9,3	6,7	8,0	3,0	6,0	.	.	8,7	6,8	7,7	
LXXXVII...	8,0	.	.	12,0	8,7	8,9	7,6	8,5	7,0	6,3	7,2	8,7	8,3	9,4	9,3	.	.	.	8,7	8,2	8,4	
LXXXVIII..	7,0	.	.	.	9,2	10,0	8,0	7,0	.	5,0	11,0	7,0	7,3	9,0	.	.	.	.	8,2	7,9	8,0	
Moyennes.	6,2	5,7	7,1	8,2	9,2	8,8	8,3	7,1	7,6	6,5	8,1	7,8	8,1	8,9	6,7	7,0	6,1	6,7	7,9	7,5	7,7	
Largeur des protubérances.																						
LXXXII....	10,0	4,0	3,2	3,5	3,5	2,0	3,3	3,1	3,0	2,2	2,7	2,5	4,0	2,6	3,7	1,0	1,0	5,0	3,9	2,7	3,3	
LXXXIII....	2,2	5,5	5,0	4,5	3,6	4,9	5,2	4,2	3,6	3,6	3,7	5,6	4,7	3,5	3,2	.	5,7	4,7	4,3	4,3	4,3	
LXXXIV....	3,7	2,0	5,0	4,5	5,2	4,9	2,8	4,7	3,2	3,5	2,7	3,6	3,4	5,0	7,0	4,0	3,5	6,0	4,0	4,3	4,1	
LXXXV....	.	.	.	2,5	6,2	5,1	2,5	8,0	3,5	2,5	3,1	4,0	4,3	3,0	.	3,0	.	1,0	4,6	2,9	3,7	
LXXXVI...	.	.	.	9,6	6,0	7,5	2,2	.	4,5	4,0	3,0	3,5	3,7	1,5	4,0	1,0	.	.	5,9	2,9	4,4	
LXXXVII...	3,0	.	.	4,0	3,9	2,4	5,2	4,5	5,0	2,7	4,5	4,0	2,7	4,4	2,6	.	.	.	4,0	3,5	3,7	
LXXXVIII..	2,0	.	.	.	2,0	2,0	3,0	2,0	.	2,0	1,0	10,0	4,3	2,0	.	.	.	.	2,2	3,9	3,0	
Moyennes.	4,2	3,8	4,4	4,8	4,3	4,1	3,5	4,4	3,8	2,9	2,9	4,7	2,9	3,1	4,1	2,2	3,4	4,2	4,1	3,5	3,8	
Aire des protubérances.																			Somme.		Total.	
LXXXII....	50,0	8,0	15,7	28,5	35,1	12,0	32,7	20,6	19,0	11,0	20,3	11,5	36,5	28,3	25,7	7,0	5,0	20,0	221,6	164,8	386,4	
LXXXIII...	17,0	24,7	17,5	16,2	30,6	44,3	34,6	33,0	26,0	19,2	21,8	51,4	37,5	26,8	18,0	.	26,2	34,0	243,9	234,9	478,8	
LXXXIV....	21,0	14,0	33,5	25,0	49,0	36,3	23,0	34,0	18,0	24,0	19,5	31,6	26,3	36,0	59,5	28,0	26,5	48,0	253,8	299,4	553,2	
LXXXV....	.	.	.	21,0	67,2	65,4	28,0	40,0	36,5	19,0	27,0	32,0	41,7	31,2	.	24,0	.	7,0	258,1	181,9	440,0	
LXXXVI....	.	.	.	98,7	68,5	55,0	11,0	.	29,5	26,0	21,5	35,3	24,5	11,5	12,0	6,0	.	.	262,7	136,8	399,5	
LXXXVII...	24,0	.	.	48,0	34,2	22,6	47,5	37,0	35,0	16,7	29,0	35,0	22,5	44,8	23,0	.	.	.	248,3	171,0	419,3	
LXXXVIII..	14,0	.	.	.	18,7	20,0	24,0	14,0	.	10,0	11,0	70,0	31,7	20,0	.	.	.	.	90,7	142,7	233,4	
Moyennes.	25,2	15,5	22,2	39,6	43,3	36,5	28,7	29,8	27,3	17,9	21,4	38,1	31,4	28,4	27,7	16,2	19,2	27,2	225,6	190,2	415,8	
Facules. Étendue en degrés de circonférence.																						
LXXXII....	.	.	.	.	.	.	.	2,8	2,1	3,5	4,5	.	3,0	.	5,0	.	.	.	4,9	16,0	20,9	
LXXXIII...	2,0	.	.	4,0	6,0	.	.	3,0	2,0	3,0	3,2	2,7	1,0	.	.	.	.	.	17,0	9,9	26,9	
LXXXIV....	.	.	.	.	.	.	.	2,0	8,0	3,0	3,0	1,5	.	.	.	.	.	.	10,0	7,5	17,5	
LXXXV ...	.	.	.	.	.	.	.	3,2	2,5	1,0	3,3	.	2,0	.	.	.	.	.	5,7	6,3	12,0	
LXXXVI....	.	.	.	.	.	.	.	2,7	2,3	1,0	2,0	.	.	.	.	.	.	.	5,0	3,0	8,0	
LXXXVII...	.	.	.	.	.	.	.	.	1,0	5,5	4,1	.	.	.	.	.	.	.	1,0	9,6	10,6	
LXXXVIII..	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	
Moyennes.	2,0	.	.	4,0	6,0	.	.	2,7	2,9	2,8	3,3	2,1	2,0	.	5,0	.	.	.	7,3	8,7	15,9	

» Nous nous bornerons ici à la remarque que les tableaux eux-mêmes font ressortir, savoir la forme pyramidale très-marquée et décroissante pour les dernières rotations, surtout pour les facules, laquelle indique une diminution de l'activité solaire, comparativement aux années précédentes, et sa concentration vers les zones équatoriales du Soleil.

» Nous ne cherchons pas à avancer des théories, mais uniquement à enregistrer des faits qui pourront, lorsqu'on viendra à les comparer entre eux, à l'époque du maximum, fournir quelques conclusions sur l'ordre de corrélation et de dépendance. Pour le moment, nous nous bornerons à la tâche de simples observateurs, suivant le mot : *Quidquid nitet notandum.* »

ALGÈBRE. — *Sur la sommation des séries.* Deuxième Note de M. **D. André**, présentée par M. Hermite.

« Dans ma première Note (¹) sur la sommation des séries, j'ai fait connaître la somme de toutes les séries dont le terme général affectait une certaine forme donnée. Cette seconde Note a un objet tout à fait analogue : je m'y propose de donner la somme de toutes les séries convergentes dont le terme général U_n est défini par l'égalité

$$U_n = \frac{u_n}{n(n+1)\ldots(n+p-1)} x^n,$$

dans laquelle n est un entier supérieur à zéro et u_n le terme général d'une série récurrente proprement dite quelconque.

» J'admettrai que la fonction de n représentée par u_n n'est divisible ni par le dénominateur $n(n+1)\ldots(n+p-1)$ tout entier, ni par n, ni par $n+p-1$. J'admettrai de même que l'équation génératrice de la série récurrente u_n n'a aucune racine dont le degré de multiplicité soit supérieur à p : le cas où cette dernière condition ne serait point satisfaite se ramènerait immédiatement au cas où elle l'est.

» Supposant donc remplies toutes les conditions précédentes, désignant par a l'une quelconque des racines de l'équation génératrice de u_n et par α son degré de multiplicité, je sais que u_n, qui constitue, par hypothèse, le terme général d'une série récurrente, est de la forme donnée par l'égalité

$$u_n = \Sigma \varphi_\alpha(n) a^n,$$

(¹) *Comptes rendus*, séance du 15 avril 1878.

dans laquelle le signe Σ s'étend à toutes les racines de l'équation génératrice, et où $\varphi_\alpha(n)$ représente un polynôme correspondant à la racine a, entier en n, et du degré $\alpha - 1$.

» Dire que u_n est connu, c'est dire que l'on connaît toutes les racines $a, b, c, \ldots$ de l'équation génératrice, ainsi que leurs degrés respectifs de multiplicité $\alpha, \beta, \gamma, \ldots$ et les polynômes correspondants $\varphi_a(n)$, $\varphi_b(n)$, $\varphi_c(n)$, ... Ce sont là les données de la question, en fonction desquelles il fallait exprimer la somme cherchée S.

» Pour y parvenir, j'ai suivi une méthode simple, que j'exposerai ailleurs avec tous les détails nécessaires. Quant à la valeur que j'ai obtenue pour S, on a

$$S = S_1 + S_2,$$

si l'on pose à la fois

$$S_1 = \sum \sum_1^{p-1} \frac{(-1)^{t+1}}{(p-1-t)!\,t!} \frac{\varphi_a(-t)}{a^t x^t} \left(\frac{ax}{1} + \frac{a^2 x^2}{2} + \cdots + \frac{a^t x^t}{t} \right),$$

$$S_2 = \sum \sum_0^{p-1}{}_t \frac{(-1)^{t+1}}{(p-1-t)!\,t!} \frac{\varphi_a(-t)}{a^t x^t} \mathrm{L}(1 - ax),$$

en indiquant par L un logarithme népérien et convenant d'étendre, dans chacune de ces deux égalités, le premier Σ à toutes les racines de l'équation génératrice.

» Cette expression de S résout complétement le problème que je m'étais proposé. Elle prend une forme indéterminée lorsque x s'annule, mais cette indétermination n'est qu'apparente : l'entier n, en effet, étant toujours supérieur à zéro, il est clair que la série considérée s'annule en même temps que x.

» On voit, sur les formules qui précèdent, que la somme cherchée S se compose d'une première partie S_1, purement algébrique, et d'une seconde partie S_2, à la fois algébrique et logarithmique. La première n'est qu'un polynôme entier en $\frac{1}{x}$ et, par rapport à $\frac{1}{x}$, du degré $p - 2$. La seconde est la somme des quantités $\mathrm{L}(1 - ax)$, $\mathrm{L}(1 - bx)$, $\mathrm{L}(1 - cx)$, ..., multipliées respectivement par des polynômes entiers en $\frac{1}{x}$ et, par rapport à $\frac{1}{x}$, du degré $p - 1$. La première disparaît dans le cas où p est égal à l'unité. La seconde ne disparaît jamais, même partiellement; en d'autres termes, S_2 figure toujours dans S et y présente toujours les logarithmes correspondant à toutes les racines de l'équation génératrice.

» Les formules qui précèdent permettent de sommer toutes les séries convergentes, en nombre infini, dont le terme général est de la forme considérée. Elles permettent encore d'en sommer une infinité d'autres, puisque, à l'aide des racines imaginaires de l'unité, on sait déduire de la somme d'une série donnée celles de toutes les séries qu'on obtient en prenant, dans la proposée, les termes de deux en deux, de trois en trois, etc. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'élimination.* Note de M. P. **Mansion**, présentée par M. Ch. Hermite.

« 1. Si l'on a deux équations algébriques de degré m, n ($m \geqq n$), on trouve assez aisément les conditions *suffisantes* pour qu'elles aient p racines communes ($p \leqq n$), comme l'ont montré MM. Lemonnier, Darboux et Rouché; mais il est plus difficile d'établir que ces conditions sont *nécessaires.* Nous nous proposons, dans la présente Note, de simplifier la démonstration donnée par ces géomètres de la *suffisance* de ces conditions, et surtout de prouver, par une méthode nouvelle, aussi simple que naturelle, qu'elles sont *nécessaires.* Pour abréger les écritures, nous nous bornons à deux équations, respectivement du 5e et du 4e degré :

$$A = Ax = a_0 + a_1 x + \ldots + a_5 x^5 = 0,$$
$$B = Bx = b_0 + b_1 x + \ldots + b_4 x^4 = 0.$$

» 2. *Principe I.* — D'après la théorie des équations linéaires, si

$$r = \left\| \begin{matrix} c_{11} & \ldots & c_{1k} \\ \ldots & \ldots & \ldots \\ c_{h1} & \ldots & c_{hk} \end{matrix} \right\| = 0, \qquad (k > h)$$

c'est-à-dire si tous les déterminants formés en prenant h colonnes du tableau rectangulaire sont nuls, il existe une même relation linéaire

$$L = \lambda_1 c_{1i} + \lambda_2 c_{2i} + \ldots + \lambda_{hi} = 0$$

entre les éléments de chaque colonne.

» 3. *Principe II.* — Soient α, β, γ, ... des racines d'une équation algébrique :

$$C = Cx = c_0 + c_1 x + c_2 x^2 + c_3 x^3 + c_4 x^4 + c_5 x^5 = 0.$$

Posons

$$(m)=\alpha^m,\quad (m,n)=(mn)=\begin{vmatrix}\alpha^m\,\alpha^n\\ \beta^m\,\beta^n\end{vmatrix},\quad (m,n,p)=(mnp)=\begin{vmatrix}\alpha^m\,\alpha^n\,\alpha^p\\ \beta^m\,\beta^n\,\beta^p\\ \gamma^m\,\gamma^n\,\gamma^p\end{vmatrix},\quad \ldots,$$

$$(m\mathrm{C})=\alpha^m\mathrm{C}\alpha,\quad (m\mathrm{C},n)=\begin{vmatrix}\alpha^m\mathrm{C}\alpha, & \alpha^n\\ \beta^m\mathrm{C}\beta, & \beta^n\end{vmatrix},\quad (m\mathrm{C},n,p)=\begin{vmatrix}\alpha^m\mathrm{C}\alpha, & \alpha^n, & \alpha^p\\ \beta^m\mathrm{C}\beta, & \beta^n, & \beta^p\\ \gamma^m\mathrm{C}\gamma, & \gamma^n, & \gamma^p\end{vmatrix},\quad \ldots.$$

On a $(m\mathrm{C})=0$, $(m\mathrm{C},x)=0$, $(m\mathrm{C},n,p)=0$, ..., ou explicitement

$$\begin{aligned}
c_0(m)+c_1(m+1) \quad &+\ldots+c_5(m+5) &&=0,\\
c_0(m,n)+c\ (m+1,n) \quad &+\ldots+c_5(m+5,n) &&=0,\\
c_0(m,n,p)+c_1(m+1,n,p) &+\ldots+c_5(m+5,n,p) &&=0,\ \ldots.
\end{aligned}$$

» 4. *Méthode dialytique généralisée.* — Si $A=0$, $B=0$ ont une racine commune α, l'élimination de (0), (1), (2), ..., (8) entre

$$(0\mathrm{A})=0,\quad (1\mathrm{A})=0,\quad \ldots,\quad (3\mathrm{A})=0,\quad (0\mathrm{B})=0,\quad (1\mathrm{B})=0,\quad \ldots,\quad (4\mathrm{B})=0$$

conduit, comme l'on sait, à la résultante $R=0$, où R est le déterminant de Sylvester, $\Sigma\pm a_0\,a_0\,a_0\,a_0\,b_4\,b_4\,b_4\,b_4\,b_4$, dont les 4 premières lignes ne contiennent que les éléments a, les 5 dernières que les coefficients b.

» S'il y a trois racines communes α, β, γ, on aura de même

$$r=\left\|\begin{matrix}a_0 & a_1 & a_2 & a_3 & a_4 & a_5 & 0\\ 0 & a_0 & a_1 & a_2 & a_3 & a_4 & a_5\\ b_0 & b_1 & b_2 & b_3 & b_4 & 0 & 0\\ 0 & b_0 & b_1 & b_2 & b_3 & b_4 & 0\\ 0 & 0 & b_0 & b_1 & b_2 & b_3 & b_4\end{matrix}\right\|=0,$$

r désignant l'un quelconque des déterminants formés en prenant 5 colonnes de ce tableau rectangulaire, où les $4-(3-1)$ premières lignes ne contiennent que des a, les $5-(3-1)$ dernières que des b. En effet, si r est, par exemple, le déterminant obtenu en excluant les colonnes 5 et 7 du tableau précédent, $r=0$ est le résultant des relations suivantes :

$$(0\mathrm{A},4,6)=0,\quad (1\mathrm{A},4,6)=0,\quad (0\mathrm{B},4,6)=0,\quad (1\mathrm{B},4,6)=0,\quad (2\mathrm{B},4,6)=0,$$

d'où l'on a éliminé (0, 4, 6), (1, 4, 6), (2, 4, 6), (3, 4, 6), (5, 4, 6).

» Réciproquement, des relations $r=0$, on conclut que $A=0$, $B=0$ ont trois racines communes, car alors il existe une relation linéaire

$$\mu_1 c_{1i} + \mu_2 c_{2i} + \nu_1 c_{2i} + \nu_2 c_{4i} + \nu_3 c_{5i} = 0$$

entre les éléments c_{ji} de chaque colonne de r. Les équations

$$A=0,\quad xA=0,\quad B=0,\quad xB=0,\quad x^2B=0,$$

multipliées par $\mu_1, \mu_2, \nu_1, \nu_2, \nu_3$ donnent la relation

$$(\mu_1+\mu_2 x)A + (\nu_1 + \nu_2 x + \nu_3 x^2)B = 0,$$

qui prouve que des cinq racines de $A=0$, trois au moins annulent B.

» 5. *Méthode de Bezout et Cauchy.* — Posons

$$\begin{aligned} A &= \alpha_0 + x\gamma_4 = \alpha_1 + x^2\gamma_3 = \alpha_2 + x^3\gamma_2 = \alpha_3 + x^4\gamma_1,\\ B &= \beta_0 + x\delta_3 = \beta_1 + x^2\delta_2 = \beta_2 + x^3\delta_1 = \beta_3 + x^4\delta_0, \end{aligned}$$

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$ désignant des polynômes en x dont le degré est indiqué par l'indice; on aura, comme l'on sait,

$$\begin{aligned} A\delta_3 - B\gamma_4 &= \alpha_0\delta_3 - \beta_0\gamma_4 = C_1 = c_{11} + c_{12}x + c_{13}x^2 + c_{14}x^3 + c_{15}x^4,\\ A\delta_2 - \beta\gamma_3 &= \alpha_1\delta_2 - \beta_1\gamma_3 = C_2 = c_{21} + c_{22}x + c_{23}x^2 + c_{24}x^3 + c_{25}x^4,\\ A\delta_1 - B\gamma_2 &= \alpha_2\delta_1 - \beta_2\gamma_2 = C_3 = c_{31} + c_{32}x + c_{33}x^2 + c_{34}x^3 + c_{35}x^4,\\ A\delta_0 - B\gamma_1 &= \alpha_3\delta_0 - \beta_3\gamma_1 = C_4 = c_{41} + c_{42}x + c_{43}x^2 + c_{44}x^3 + c_{45}x^4. \end{aligned}$$

Toute racine commune à $A=0, B=0$ vérifiera les équations

$$C_1=0,\quad C_2=0,\quad C_3=0,\quad C_4=0 \quad\text{et}\quad B=0;$$

on aura donc $R=0$, R étant le déterminant $\Sigma \pm c_{11}c_{22}c_{33}c_{44}b_4$ de Cauchy.

» S'il y a trois racines communes, tous les mineurs de R qui ont $5-(3-1)$ lignes seront nuls, en particulier, ceux qui sont contenus dans l'égalité symbolique

$$r = \begin{Vmatrix} c_{31} & c_{32} & c_{33} & c_{34} & c_{35}\\ c_{41} & c_{42} & c_{43} & c_{44} & c_{45}\\ b_0 & b_1 & b_2 & b_3 & b_4 \end{Vmatrix} = 0.$$

» En effet, le déterminant obtenu en supprimant dans ce tableau rectangulaire les colonnes 0, 5, par exemple, est le résultant des relations $(0C_3, 0, 4) = 0$, $(0C_4, 0, 4) = 0$, $(0B, 0, 4)$, d'où l'on a éliminé les quantités $(1, 0, 4)$, $(2, 0, 4)$, $(3, 0, 4)$.

» Réciproquement, des relations $r=0$ on peut conclure que $A=0$, $B=0$ ont trois racines communes. En effet, si $r=0$, on a

$$\lambda_1 c_{3i}+\lambda_2 c_{4i}+\lambda_3 b_{i-1}=0$$

pour $i=1, 2, 3, 4, 5$. Par suite,

$$\lambda_1 C_3+\lambda_2 C_4+\lambda_3 B = A(\lambda_1 \delta_1+\lambda_2 \delta_0)-B(\lambda_1 \gamma_2+\lambda_2 \gamma_1+\lambda_3)=0.$$

Donc, des cinq racines de $A=0$, trois au moins annulent B.

» 6. *Remarques.* — Les fonctions symétriques des racines de l'équation aux racines communes, analogues à (m, n, p), sont proportionnelles aux mineurs des déterminants r. La considération de ces quantités est utile dans d'autres parties de la théorie de l'élimination que celle qui est traitée ici. »

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur diverses propriétés dont jouit le mode de distribution d'une charge électrique à la surface d'un conducteur ellipsoïdal.* Note de M. **J. Boussinesq**, présentée par M. de Saint-Venant. (Extrait.)

« Ces propriétés, qui se démontrent aisément, résultent de ce que la quantité d'électricité répandue par unité d'aire, sur chaque élément de la surface d'un ellipsoïde, est proportionnelle à la perpendiculaire menée du centre sur le plan tangent à l'élément. Elles s'énoncent ainsi :

» 1° Une charge électrique en équilibre sur un ellipsoïde reste en équilibre quand chacune de ses parties est transportée, parallèlement à une même direction quelconque, sur une plaque coïncidant avec la section diamétrale de l'ellipsoïde conjuguée à cette direction ;

» 2° Un système quelconque de plans parallèles infiniment voisins et équidistants découpe, à la surface de l'ellipsoïde, des zones électriques équivalentes ;

» 3° Il n'y a pas de mode de distribution de la charge électrique, autre que celui pour lequel elle est en équilibre, qui rende ainsi équivalentes des zones d'égale hauteur découpées par des plans parallèles d'une direction quelconque.

» La deuxième de ces propriétés comporte deux énoncés purement géométriques : l'un consiste en ce que des surfaces coniques, menées à partir du centre d'un ellipsoïde comme sommet et s'appuyant sur les ellipses d'intersection de l'ellipsoïde par des plans parallèles équidistants, divisent

le volume de l'ellipsoïde en parties équivalentes ; l'autre énoncé, auquel on arrive en observant qu'une couche infiniment mince, limitée par deux ellipsoïdes concentriques semblables et semblablement placés, a son épaisseur proportionnelle, en chaque point, à la perpendiculaire abaissée du centre sur le plan tangent, consiste à dire qu'un système quelconque de plans parallèles et équidistants divise une pareille couche en tranches équivalentes. »

PHYSIQUE. — *Sur la mesure spectrométrique des hautes températures.* Note de M. A. Crova, transmise par M. Berthelot.

« L'étude spectrométrique des radiations lumineuses émises par les corps incandescents m'a conduit à un nouveau mode de détermination des hautes températures, par l'analyse de la lumière qu'ils émettent. Les considérations théoriques que j'ai exposées dans des travaux récemment publiés (¹) m'ont déjà permis de classer, par ordre de températures croissantes, les diverses sources lumineuses que j'ai soumises à l'analyse spectrométrique. Il est facile d'en déduire une méthode purement optique pour la détermination des hautes températures.

» Prenons, en effet, dans les spectres continus de la lumière émise par deux sources incandescentes, l'une de température connue T, l'autre de température inconnue x, deux radiations simples, de longueurs d'onde très-différentes λ et λ', auxquelles nous rapporterons toutes nos mesures; déterminons, au moyen d'un spectrophotomètre, les rapports $\frac{I}{I'}$ et $\frac{i}{i'}$ des intensités des deux radiations λ et λ' dans les deux spectres.

» Le quotient de ces deux rapports représente le rapport des intensités de la radiation λ' dans les deux spectres, lorsque le plus intense a été affaibli de manière à donner la même intensité à la radiation λ dans les deux spectres considérés.

» Deux corps incandescents, ayant même pouvoir d'irradiation, ont même température, lorsque les intensités de toutes les radiations simples de leurs spectres continus sont entre elles dans un rapport constant, c'est-à-dire sont rigoureusement égales entre elles, lorsqu'on a affaibli le plus

---

(¹) *Étude spectrométrique de quelques sources lumineuses* (*Comptes rendus*, t. LXXXVII, p. 322). — *Étude des radiations émises par les sources calorifiques et lumineuses* (*Journal de Physique*, t. VII, novembre 1878).

intense (au moyen de deux nicols), de manière à rendre égales les intensités de deux radiations quelconques, de même longueur d'onde, dans les deux spectres considérés.

» Prenons comme terme de comparaison la lumière d'une lampe modérateur, et soit 1000 sa température dans l'échelle optique, nécessairement arbitraire, des températures. Mesurons, au moyen d'un spectrophotomètre, le rapport des intensités de deux radiations, λ' dans le vert et λ dans le rouge, prises dans la source de température inconnue et dans la flamme de la lampe. Le quotient de ces deux rapports sera un nombre supérieur ou inférieur à 1000, selon que la température de la source considérée sera supérieure ou inférieure à celle de la flamme de la lampe. Si la température de la source lumineuse varie d'une manière continue, les nombres obtenus constitueront une échelle optique arbitraire, dont le degré dépendra de la température de la flamme de la lampe et d'une certaine fonction des longueurs d'onde λ et λ'.

» J'établis la correspondance de cette échelle avec celle des températures d'un thermomètre à air, dont le réservoir en porcelaine, porté à divers degrés d'incandescence, est pris comme source de radiations.

» La température de la flamme de la lampe s'obtient en élevant celle du thermomètre à air au degré où les deux spectres sont identiques dans toute leur étendue.

» La Table étant ainsi dressée, il suffira d'une simple mesure spectrométrique pour mesurer exactement la température d'un corps incandescent; je m'occupe de dresser une Table de ce genre, en prenant comme radiations fixes celles dont les longueurs d'onde sont 676 et 523. Voici quelques nombres qui représentent, *dans cette échelle arbitraire*, les degrés *optiques* de diverses sources lumineuses :

Lame de platine chauffée au rouge dans une lampe à gaz	524
» » au rouge blanc par un chalumeau à gaz	810
Lampe modérateur alimentée par l'huile de colza	1000
Bougie stéarique	1162
Gaz de l'éclairage (bec d'Argand)	1373
Lumière oxyhydrique (oxygène et gaz de l'éclairage sur la chaux)	1806
Lumière électrique (60 éléments de Bunsen)	3060
Lumière solaire	4049

» Le carbone, la chaux et le platine incandescents ont même pouvoir

d'irradiation; M. E. Becquerel a démontré, en effet, cette identité pour la porcelaine, le platine, le carbone et la magnésie [1].

» Cette nouvelle méthode permettra d'étendre l'échelle des températures au delà de celles que peut mesurer le thermomètre à air, et qui ne peuvent dépasser celle où la porcelaine commence à se ramollir. Au delà de cette limite, elle sera arbitraire, mais toujours comparable à elle-même, et fournira des points de repère rigoureux; on pourra l'étendre aux limites où la chaleur est assez forte pour vaporiser les corps les plus réfractaires; on peut même espérer l'étendre au delà de ce point, en appliquant la méthode à la comparaison des intensités des radiations simples émises par les vapeurs incandescentes, pourvu que leur spectre ait plus d'une raie lumineuse.

» Cette méthode permettra la mesure à distance de la température des sources lumineuses, notamment du Soleil et des étoiles; dans un autre ordre d'idées, elle permettra de régler et de surveiller l'allure de la température dans les foyers industriels, en disposant à poste fixe un spectrophotomètre en face d'un regard pratiqué dans le fourneau. On obtiendra sa température en degrés centigrades, au moyen d'une Table, tant qu'elle sera inférieure à celle du ramollissement de la porcelaine. Au delà de ce point, il faudra se borner à la mesure des degrés optiques de température, jusqu'à ce que le développement de la Thermodynamique permette d'établir une relation mathématique entre l'émission lumineuse à une température donnée et la force vive du mouvement calorifique correspondant. »

PHYSIQUE. — *Chaleur spécifique et chaleur de fusion du palladium.* Note de M. J. Violle.

« I. La chaleur spécifique du palladium a été mesurée sur trois échantillons de métal pur, pesant respectivement $40^{gr},626$, $402^{gr},35$ et $88^{gr},225$, qui m'avaient été donnés, le premier par M. Debray, les deux autres par M. Matthey, dont l'inépuisable obligeance, aussi bien connue et aussi souvent mise à l'épreuve en France qu'en Angleterre, a jadis permis à Graham ses belles recherches sur ce même palladium. Je prie ces messieurs de vouloir bien recevoir ici mes remercîments.

» La méthode suivie pour déterminer la chaleur spécifique du palladium,

---

(1) Ed. Becquerel, *la Lumière*, t. I, p. 78.

aux températures comprises entre zéro et 1300 degrés, est la même que celle qui m'a servi à obtenir la chaleur spécifique du platine entre zéro et 1200 degrés [1]. La mesure des températures s'est toutefois trouvée simplifiée par l'étude précédemment faite du platine. Si, en effet, on a, comme contrôle nécessaire, mesuré directement au thermomètre à air un certain nombre de températures, on a pu dans la plupart des cas obtenir la température qu'eût donnée le thermomètre à air par une simple expérience calorimétrique effectuée avec le platine. Pour mesurer la chaleur spécifique du palladium à une température déterminée, il suffisait donc généralement de chauffer l'une à côté de l'autre, dans le creuset à expériences, deux masses, l'une de platine, l'autre de palladium, et de procéder simultanément à deux mesures calorimétriques : la première de ces mesures donnait la température au thermomètre à air; la deuxième, la chaleur spécifique du palladium à cette même température.

» Le tableau suivant résume les expériences, rangées, d'après l'échantillon du métal employé, en trois séries, I, II et III; C_0^T désigne la chaleur spécifique moyenne du palladium entre zéro et T.

Série.	T.	C_0^T.	Δ.
I.	100°	0,0592	0,0000
I.	626	0,0634	−0,0009
II.	685	0,0644	−0,0007
II.	738	0,0645	−0,0011
II.	892	0,0646	+0,0005
I.	933	0,0675	0,0000
II.	1008	0,0688	+0,0005
III.	1161 [2]	0,0694	−0,0004
I.	1171	0,0693	+0,0006
III.	1181 [2]	0,0701	+0,0001
II.	1183	0,0705	+0,0005
III.	1200	0,0698	−0,0004
II.	1244	0,0713	+0,0007
III.	1265	0,0714	+0,0005

» La colonne marquée Δ contient les différences entre les nombres observés et les valeurs de la chaleur spécifique moyenne calculée d'après la formule

$$C_0^T = 0,0582 + 0,000010T. \tag{1}$$

---

[1] *Comptes rendus*, t. LXXXV, p. 543-546.

[2] Température mesurée directement au thermomètre à air.

» Cette formule donne pour C_0^T les valeurs suivantes, aux diverses températures atteintes par l'expérience :

$$C_0^{100}=0,0592,\quad C_0^{600}=0,0642,\quad C_0^{1100}=0,0692,$$
$$C_0^{200}=0,0602,\quad C_0^{700}=0,0652,\quad C_0^{1200}=0,0702,$$
$$C_0^{300}=0,0612,\quad C_0^{800}=0,0662,\quad C_0^{1300}=0,0712.$$
$$C_0^{400}=0,0622,\quad C_0^{900}=0,0672,$$
$$C_0^{500}=0,0632,\quad C_0^{1000}=0,0682,$$

» La chaleur spécifique vraie à T°, $\frac{dQ}{dT}$, est, par suite, égale à

$$\gamma_T = 0,0582 + 0,000020T,$$

ce qui donne

$$\gamma_0 = 0,0582;\quad \gamma_{500} = 0,0682;\quad \gamma_{1000} = 0,0782;\quad \gamma_{1300} = 0,0842.$$

» II. La température de fusion du palladium a été obtenue de deux manières différentes :

» 1° En plongeant, dans le calorimètre, du palladium solide, chauffé aussi près que possible du point de fusion, et déduisant de la chaleur spécifique donnée par la formule (1) la température T à laquelle avait été chauffé le métal;

» 2° En chauffant ensemble une masse de platine et à côté une certaine quantité de palladium, et cherchant à obtenir deux températures très-voisines, telles que pour l'une le palladium fonde et non pour l'autre, ces températures étant, dans chaque cas, données par l'expérience calorimétrique effectuée avec le platine. Ces deux méthodes ont donné très-exactement, pour la température de fusion du palladium, 1500 degrés.

» Il est à noter que le palladium se ramollit avant de fondre, comme le platine; deux fragments de palladium se soudent très-bien ensemble, à une température inférieure à 1500 degrés.

» III. La chaleur totale de fusion, mesurée en coulant dans le calorimètre du palladium fondu à la température même de fusion, a été trouvée, avec trois coulées de $2^{gr},234$, $5^{gr},580$ et $13^{gr},423$ de métal, égale à $146^u,0$, $145^u,8$ et $146^u,4$; moyenne $146^u,1$ pour 1 gramme de métal. Si l'on retranche de cette chaleur totale

$$L = 146^u,1$$

la quantité de chaleur $109^u,8$, nécessaire pour échauffer 1 gramme de pal-

ladium de zéro à 1500 degrés, quantité de chaleur donnée par les expériences (II), on a la chaleur latente de fusion du palladium

$$\lambda = 36^{\text{u}}, 3.$$

» Je ne tire, pour le moment, aucune conclusion de ces nombres, les conséquences que l'on en peut déduire devant trouver leur place dans une étude d'ensemble, déjà assez avancée aujourd'hui, et dont j'aurai bientôt l'honneur de soumettre à l'Académie quelques nouveaux résultats numériques. »

PHYSIQUE. — *Influence de la température sur le pouvoir rotatoire magnétique.* Note de M. J. JOUBERT.

« Dans une Note récente, j'ai montré que le pouvoir rotatoire du quartz augmente d'une façon continue avec la température; cet effet est précisément l'inverse de celui qu'on observe dans les liquides doués du pouvoir rotatoire, comme l'essence de térébenthine. Plusieurs physiciens ont cherché aussi quelle est l'influence d'une élévation de température sur la rotation produite par l'action du magnétisme. Pour les liquides, le résultat n'est pas douteux, d'après les expériences de M. de la Rive : le pouvoir rotatoire diminue, en général, un peu plus vite que la densité. Pour les solides, au contraire, il y a contradiction entre les résultats obtenus par les divers observateurs. D'après Matteucci, la rotation du flint augmenterait dans le rapport de 2 à 3, de zéro à 250 degrés. Lüdtge, au contraire, trouve que la rotation, qui était de 8',4 à 20 degrés, n'est plus que de 8',1 à 200; M. Bichat obtient un résultat analogue : un flint dont la rotation était 1° 30' à 14 degrés ne lui donna plus que 1° 24' à 140 degrés.

» J'ai repris ces expériences sur le flint entre des limites de température plus étendues; j'ai opéré sur deux échantillons inégalement teintés, d'une densité d'environ 4,3. Pour l'un d'eux, l'expérience a été poussée jusqu'à la fusion, qui a eu lieu à 582 degrés. Les résultats donnés par les deux échantillons ont été sensiblement les mêmes : le pouvoir rotatoire augmente avec l'élévation de température, et de $\frac{1}{10}$ environ de sa valeur, en passant de la température ordinaire à celle de la fusion.

» Voici les résultats d'une série dans laquelle les rotations ont été me-

surées pendant la période ascendante et la période descendante de la température :

Températures.	Rotations.
10°	3°,37
325	3,60
500	3,69
180	3,31
10	3,32 (le flint garde un peu de trempe.)

» Les contradictions signalées plus haut doivent être attribuées aux difficultés de toute nature que présentent ces expériences. J'ai déterminé la température à l'aide du pouvoir rotatoire du quartz, en opérant de la manière suivante. Un petit four Perrot (¹), traversé par deux tubes de porcelaine suivant deux diamètres rectangulaires, était placé entre les branches de l'électro-aimant de Faraday construit par Ruhmkorff. L'un de ces tubes, contenant le flint, s'engageait dans la cavité cylindrique des noyaux de fer doux; l'autre renfermait un quartz de 14 millimètres de longueur, qui servait de thermomètre; 1 degré de variation dans la rotation du quartz correspond environ à une variation de température de 18 degrés C. Les deux tubes qui se trouvaient en contact étaient engagés dans une espèce de creuset rempli de limaille de cuivre, pour mieux assurer l'égalité de leurs températures; d'ailleurs, les mesures n'étaient faites qu'après que la température était restée longtemps stationnaire. J'opérais des deux côtés avec la lumière jaune de la soude et le polarimètre de Laurent.

» Le flint doit être chauffé avec beaucoup de précaution; sitôt que la variation de température est un peu brusque, il présente des signes très-manifestes de double réfraction, qui se traduisent par une croix noire plus ou moins intense; outre que les mesures de rotation deviennent alors plus difficiles et beaucoup moins précises, le pouvoir rotatoire diminue d'une façon très-marquée; il faut ensuite un temps très-long pour que toute trace de double réfraction disparaisse et que le pouvoir rotatoire reprenne sa valeur normale. Ainsi, dans la série citée plus haut, et que j'ai choisie en vue de la remarque actuelle, la température ayant été portée un peu brusquement de 325 à 450 degrés, la rotation, qui était d'abord de 3°,60, est tombée à 2°,68; on voyait une croix noire très-accentuée; la

---

(¹) Ces fours sont ordinairement recouverts d'une garniture en tôle; je l'ai fait remplacer par une garniture de cuivre rouge. L'enveloppe de tôle réduisait l'intensité du champ magnétique, à l'intérieur du fourneau, à peu près à la moitié de sa valeur.

température étant restée quelques heures à 500 degrés, toute trace de double réfraction disparut et la rotation fut de $3^\circ,69$. A la fin de l'expérience, le flint conserva une légère trempe; la rotation n'était plus que de $3^\circ,32$, au lieu de $3^\circ,37$ qu'elle était, à l'origine, à la même température.

» Indépendamment de la détermination des températures, une des plus grandes difficultés de ces expériences est l'affaiblissement progressif du courant et, par suite, du champ magnétique. J'ai employé, mais avec une modification nécessitée par le dispositif expérimental, la méthode bien connue qui consiste à faire alternativement les mesures sur le corps en expérience et sur un corps de comparaison dont l'état reste constant. J'ai placé dans le même circuit deux électro-aimants presque identiques, après avoir vérifié par des mesures de rotation que les intensités magnétiques des deux champs restaient proportionnelles à $\frac{1}{100}$ près, quand on faisait varier de 1 à 4 l'intensité du courant. L'un agissait sur le flint chauffé, l'autre sur un échantillon identique pris dans le même morceau et maintenu à température constante.

» Le courant était celui d'une pile de 16 grands éléments Bunsen à zincs plats. Quand ces éléments viennent d'être montés avec des liquides neufs, leur résistance n'est que de $0^{\text{ohm}},001$; elle devenait à peu près le triple au bout de quarante-huit heures; la résistance de chaque électro-aimant était de $0^{\text{ohm}},81$, celle du fil interpolaire, $0^{\text{ohm}},27$. L'intensité du courant était donc à peu près de $\frac{16.10^8}{2,4.10^9}=\frac{2}{3}$ d'unité absolue (cent. gr. sec.).

» Pour ramener ces expériences à des mesures absolues, il faudrait connaître en nombres absolus l'intensité du champ. Or, cette détermination, aujourd'hui très-difficile, deviendrait extrêmement simple si l'on connaissait une fois pour toutes le pouvoir rotatoire d'un liquide déterminé sous l'influence d'un champ magnétique dont on aurait mesuré l'intensité en valeur absolue.

» Or, la méthode de Gauss permet de déterminer avec une grande précision la composante horizontale d'un magnétisme terrestre; j'ai cherché s'il serait possible de mesurer la rotation du plan de polarisation produite par un corps soumis à cette seule influence.

» Si l'on fait traverser horizontalement une substance transparente par un rayon polarisé dirigé dans le méridien magnétique, le plan de polarisation tournera de gauche à droite pour l'observateur qui reçoit le rayon venant du nord, et de droite à gauche dans le cas contraire. Si donc on fait tourner l'appareil de 180 degrés entre ces deux observations, le déplacement du plan de polarisation correspondra au double de la rotation magnétique.

» L'expérience a mieux réussi que je n'eusse osé l'espérer : avec un tube de 50 centimètres de sulfure de carbone, j'ai obtenu une rotation de 2 minutes; avec le même tube et trois réflexions, une rotation de 6 minutes; enfin, en employant une pile de glaces multiplicatrices, comme celles que décrit M. Fizeau dans son célèbre Mémoire relatif à *l'influence du mouvement de la Terre sur l'azimut de polarisation du rayon réfracté*, j'ai obtenu un peu plus de 18 minutes. Ces nombres sont très-petits; mais, en augmentant la longueur de la colonne liquide et le nombre de piles de glaces, enfin en perfectionnant la détermination de l'azimut du plan de polarisation (je crois pouvoir compter sur la demi-minute), j'espère, sans pourtant me dissimuler les très-grandes difficultés de l'expérience, arriver à une précision suffisante pour la plupart des applications (1). »

PHYSIQUE. — *Sur la densité et les coefficients de dilatation du chlorure de méthyle liquide*. Note de MM. C. VINCENT et DELACHANAL. (Extrait.)

« Le produit soumis à cette étude a été préparé par la décomposition pyrogénée du chlorhydrate de triméthylamine, et purifié à l'état gazeux par plusieurs passages sur de l'acide sulfurique concentré, puis sur du chlorure de calcium pulvérisé, et enfin liquéfié par refroidissement.

» Nous avons suivi la méthode employée par M. Isidore Pierre pour la détermination des coefficients de dilatation d'un grand nombre de liquides organiques. Cette méthode consiste à construire un thermomètre avec un poids déterminé du liquide, puis à observer les volumes occupés par ce liquide à différentes températures.

» L'instrument dont nous nous sommes servis se composait d'un réservoir thermométrique, dont la capacité était d'environ $2^{cc},2$, et auquel était soudée une tige divisée en longueurs représentant des volumes égaux, c'est-à-dire calibrée avec soin, et ayant environ 70 centimètres. Les proportions de notre appareil permettaient au chlorure de méthyle de parcourir la presque totalité de la tige graduée dans les limites de température de nos expériences, comprises entre $-25°$ et $+45°$.

» Les déterminations de volume de l'appareil ont été faites au moyen du mercure, à la température de zéro et de 100 degrés. Le volume à zéro du réservoir thermométrique, jusqu'à la naissance de la graduation, est de $2^{cc},23475$; celui de chacune des divisions de la tige est de $0^{cc},0002687$.

(1) Ces expériences ont été faites au laboratoire de Physique du Collége de France.

Le poids de chlorure de méthyle contenu dans l'appareil était de 2gr,2. Nous donnons, dans le tableau ci-dessous, les différents niveaux auxquels il affleurait aux diverses températures de nos expériences, toutes corrections faites :

Expériences.	Températures.	Divisions.
1	— 23°,7	201,1
2	0	537,1
3	13,4	772,9
4	17,9	857,1
5	23,8	966,3
6	30,2	1093,0
7	39,0	1278,7

» *Densité.* — Ces nombres ont servi à calculer d'abord les densités du chlorure de méthyle à ces températures :

Températures.	Densités trouvées.
— 23°,7	0,99145
0	0,95231
13,4	0,92830
17,9	0,91969
23,8	0,90875
30,2	0,89638
39,0	0,87886

» Ces résultats nous ont permis de construire une courbe, à l'aide de laquelle nous avons déterminé, de 5 en 5 degrés, les densités du chlorure de méthyle, entre — 30° et + 50°.

» *Coefficients de dilatation.* — Les expériences précédentes nous ont donné le volume du chlorure de méthyle à différentes températures; mais, comme ces nombres varient suivant le poids de chlorure de méthyle employé, nous avons cru utile, pour les rendre comparables, de prendre pour unité le volume à zéro du produit soumis à l'expérience, et nous avons ainsi dressé le tableau suivant :

Températures.	Volumes observés.	Volumes relatifs, en prenant pour unité le volume à zéro.
— 23°,7	2cc,28589	0,96216
0	2,37579	1,00000
13,4	2,43892	1,02657
17,9	2,46169	1,03616
23,8	2,49129	1,04862
30,2	2,52587	1,06317
39,0	2,57701	1,08470

» Nous avons choisi les observations faites à 13°,4, à 23°,8 et à 39 degrés pour déterminer les coefficients de dilatation du chlorure de méthyle, d'après la formule

$$V_t = V_0(1 + \alpha t + \beta t^2 + \gamma t^3);$$

nous avons obtenu les valeurs suivantes pour les trois coefficients α, β, γ:

$$\alpha = 0,00193929,$$
$$\beta = 0,00000183121,$$
$$\gamma = 0,000000105916. »$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'oxydation de quelques dérivés aromatiques.* Note de M. A. **Étard**, présentée par M. Cahours.

« En oxydant divers composés organiques par la chlorhydrine chromique, j'ai pu remarquer, selon les cas, des réactions bien différentes et constater que son mode d'action est principalement réglé par la nature du corps attaqué et par celle des groupes substitués qu'il renferme. C'est ainsi qu'il peut se former des acétones, des aldéhydes ou des quinones; comme produit accessoire, il se dégage de l'acide chlorhydrique et même du chlore; d'autres fois, et c'est le cas des hydrocarbures, il n'y a aucun dégagement gazeux : il se forme une combinaison directe et totale. En recherchant l'influence de quelques groupes substitués sur la marche de la réaction, j'ai obtenu les résultats suivants :

» I. *Bromotoluène.* — L'oxydation s'effectue commodément en ajoutant le réactif chromique, par portions de 5 grammes environ, dans un excès de bromotoluène chaud et en agitant. Il se dégage de l'acide chlorhydrique. Quand le contenu du ballon est devenu pâteux, on ajoute un excès d'eau pour enlever les sels chromiques, puis on distille le produit huileux après l'avoir desséché. Vers la fin de la distillation, j'ai obtenu une huile se concrétant dans le récipient et cristallisant dans l'alcool en belles lames rectangulaires; elles renferment C = 42,03, H = 2,7, et fondent à 250 degrés : c'est l'acide parabromobenzoïque.

» Le bromotoluène employé contenait les trois modifications ortho, méta et para. Ce dernier seul paraît attaqué dans le mélange; il y a donc là encore un moyen d'enlever le parabromotoluène par oxydation. La substitution du brome dans le toluène n'empêche pas la destruction du

groupe méthyle, ainsi que le fait celle du groupe AzO^2; dans ce dernier cas, il se fait de la méthylnitroquinone.

» II. D'après les conseils de M. Cahours, j'ai essayé d'oxyder un composé aromatique renfermant un groupe oxaméthyle $O-CH^3$, l'anéthol.

» On opère en solutions sulfocarboniques à 10 pour 100 et on distille le produit obtenu avec la vapeur d'eau; celle-ci entraîne une huile odorante, qui n'est autre que l'aldéhyde anisique $COH-C^6H^4-O-CH^3$, caractérisée par son analyse, son point d'ébullition et sa transformation en acide anisique. L'anéthol $C^3H^5-C^6H^4-O-CH^3$ perd une partie du groupe C^3H^5 et conserve l'oxaméthyle O,CH^3.

» III. Le cymène, dérivé de l'essence de térébenthine par l'action du brome, n'est autre que la méthylparapropylbenzine. Traité par l'acide chlorochromique, il s'y combine avec dégagement de chaleur, et, si l'on opère en solutions sulfocarboniques à 10 pour 100, on peut recueillir, par filtration, un précipité brun-chocolat renfermant

$$2CrO^2Cl^2, C^{10}H^{14}.$$

» Dans ce composé, le chlore paraît lié au carbone, car, soit par distillation sèche, soit par l'action de l'eau, on obtient des carbures chlorés. L'eau le décompose immédiatement avec dégagement de chaleur; si, après un contact de quelques heures avec ce liquide, on le distille dans un courant de vapeur, ou qu'on l'agite avec de l'éther, on enlève aux sels chromiques un corps huileux odorant, formant avec le bisulfite de soude une belle combinaison cristallisée. Si l'on effectue la décomposition de ce dérivé en le distillant avec une solution de carbonate de soude, il passe dans le récipient une huile qui s'y concrète et présente, dès lors, toutes les propriétés extérieures du camphre, y compris le goût, l'odeur et la propriété de tournoyer sur l'eau.

» Ce corps n'est autre que l'aldéhyde isocuminique, combinée à 1 molécule d'eau,

$$C^{10}H^{12}O, H^2O.$$

» Elle fond à 80 degrés; chauffée au delà d'une certaine limite, elle perd de l'eau et reste liquide.

» Je prépare en ce moment une plus forte quantité de ce corps, afin d'en compléter l'étude.

» L'éthyl et la diméthylbenzine, ainsi que le térébenthène, m'ont déjà

donné des résultats positifs qui feront l'objet d'une nouvelle Communication [1]. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur la nature de certains produits cristallisés, obtenus accessoirement dans le traitement industriel des pétroles de Pensylvanie.* Note de MM. **L. Prunier** et **R. David**, présentée par M. Chatin.

« 1. A Philadelphie, en 1876, on pouvait voir à l'Exposition universelle un corps solide, cristallisé, d'un vert magnifique, exposé sous la rubrique *new product*, au mileu de la série complète des pétroles américains. L'un de nous parvint à se mettre en rapport avec l'exposant, et aussi avec le Dr Herbert Tweddle, de Pittsburgh, qui avait obtenu le corps en question et l'avait déjà réparti en composés offrant des points de fusion différents, mais tous élevés bien au-dessus des paraffines de 190 à 240 degrés environ.

» Ce produit prend naissance dans la redistillation des pétroles qui ont déjà fourni l'essence (densité 0,715) et l'huile lampante (densité 0,800 environ). Il paraît contenir la matière colorante jaune verdâtre et le principe fluorescent des pétroles d'Amérique.

» Par des distillations et redistillations successives, le Dr Tweddle a préparé le produit verdâtre qu'il nomme *pétrocène*, lequel, par sublimation, fournit un corps vert jaunâtre désigné sous le nom de *thallène*, puis par cristallisation fractionnée les autres produits (carbozène, carbopétrocène, etc.), distingués par leur point de fusion.

» 2. Tel est le produit qui a été rapporté en France pour être soumis à l'étude chimique.

» La quantité en est très-minime, puisque les quelques kilogrammes qu'a préparés le Dr Tweddle provenaient du traitement de plus de cinquante mille barils de pétrole. Guidés par une étude antérieure faite par l'un de nous sur les produits de dissociation des pétroles légers soumis à l'action brusque de la chaleur [2], nous avions entamé déjà l'étude des composés analogues qui prennent naissance dans la redistillation industrielle des pétroles naturels.

» Un accident nous avait empêchés de poursuivre en France ces études jusqu'à leur complet achèvement, lorsque le produit qui fait l'objet du présent Mémoire nous a permis de combler cette lacune.

(1) Ces recherches ont été exécutées au laboratoire de M. Cahours, à l'École Polytechnique.

(2) L. Prunier, *Bulletin de la Soc. chim.*, p. 109 et 147; 1873.

» 3. Nous avons constaté tout d'abord que les produits obtenus par distillation fractionnée (pétrozène, carbozène, carbopétrozène et thallène) ne sont en définitive que des mélanges. Leurs points de fusion n'ont rien de fixe, et, par l'emploi méthodique des dissolvants, ils se résolvent tous en une série de carbures complets (paraffines) ou incomplets de différents ordres.

» La densité de ces corps est considérable; le *pétrozène*, c'est-à-dire la matière première, a pour densité 1,206 environ, et il se sépare en carbures dont les densités les plus faibles (paraffines) sont voisines de 0,990, les carbures les plus lourds atteignant 1,27 et même 1,30.

» L'action du brome et de l'acide sulfurique, qui s'emparent des carbures incomplets, a permis d'évaluer la quantité de paraffines (5 à 15 pour 100).

» Ces paraffines ont des points de fusion fort élevés (70°, 80° et même 85° C.), les paraffines ordinaires étant fusibles au-dessous de 65 degrés.

» 4. Parmi les carbures incomplets, l'emploi de l'acide picrique et de l'anthracène binitré, uni aux indications des points de fusion, d'ébullition et des solubilités, a permis de caractériser la présence de l'anthracène, du phénanthrène, du chrysène, du chrysogène, etc.

» 5. L'analyse organique accuse des teneurs en carbone qui varient de 88 à 96 pour 100.

» Le dernier résultat est seul intéressant, en ce qu'il montre jusqu'à quel point est poussée la perte d'hydrogène, puisque le carbure est plus riche en carbone que l'anthracène, le retène, le chrysène, le chrysogène, etc., c'est-à-dire les plus riches et les mieux étudiés des carbures, et même que la houille (80 à 90 pour 100), l'anthracite (94 environ), le coke, etc., etc., qui atteignent rarement 95 pour 100.

» 6. Par l'application méthodique de dissolvants variés (alcool, éther, benzine, toluène, chloroforme, sulfure de carbone, essence de pétrole, acide acétique, etc.), nous sommes parvenus à résoudre les composés ci-dessus en une série de corps sensiblement les mêmes, la proportion variant seule, et constituant les différents mélanges qui prennent naissance dans l'opération primitive.

» Par des précipitations fractionnées et des cristallisations successives, nous avons séparé et purifié les produits de façon à pouvoir en aborder l'étude, et nous espérons pouvoir prochainement en préciser la nature et préparer les principaux dérivés.

» Toutefois, nous pouvons dire dès à présent que ces carbures intéres-

sants comprennent les termes les plus élevés parmi les carbures aujourd'hui connus.

» En effet, le *chrysogène* de M. Fritzsche, le *parachrysène* de M. Rasenack, le *benzérythrène* de M. Schulz, tirent moins de 95 pour 100 de carbone.

» Les points de fusion de ces corps s'élèvent, il est vrai, jusqu'à 307 degrés et même 320 degrés, tandis que nous n'avons guère observé jusqu'à présent au delà de 300 degrés (attendu qu'à cette température le produit noircit sensiblement); mais nous avons obtenu jusqu'à 95,7 pour 100 de carbone dans des corps entièrement solubles dans le sulfure de carbone.

» Or cette proportion, supérieure à celle qu'on rencontre dans les carbures décrits jusqu'à ce jour, est rarement atteinte même par les combustibles proprement dits (coke, houille, etc.), sans tenir compte, bien entendu, du résidu minéral.

» 7. On voit, en résumé, que, dans les produits accessoires du traitement industriel des pétroles, on retrouve les carbures dérivés de l'acétylène et de la benzine (anthracène, chrysène, etc.), découverts dans les produits de la distillation de la houille, conformément aux lois des équilibres pyrogénés formulées à cette occasion par M. Berthelot et exposées dans ses Mémoires classiques sur ce sujet important, Mémoires complétés dans ce Recueil ([1]) par de récentes études sur le gaz d'éclairage.

» Les carbures tirés du pétrole dans des conditions toutes semblables viennent donc se ranger, avec quelques termes nouveaux sans doute, parallèlement à ceux qu'on avait extraits des huiles de houille ou dérivés par pyrogénation de la benzine.

» Tel est le résultat qui ressort dès maintenant de notre travail.

» Nous poursuivons nos recherches, et si, comme nous l'espérons, elles nous conduisent à quelques résultats nouveaux, nous demanderons à l'Académie la permission de les lui soumettre. »

PHYSIOLOGIE. — *Recherches sur l'urée.* Note de M. **P. Picard**, présentée par M. Milne Edwards.

« 1. *Urée des reins.* — En faisant l'analyse du tissu du rein par le procédé que j'ai indiqué pour l'étude des muscles, etc., et dans diverses

---

([1]) Berthelot, *Comptes rendus*, t. LXXXII, p. 872 et suivantes. Voir aussi la *Synthèse chimique* du même auteur, p. 219 à 225; 1876.

conditions physiologiques, on arrive à des résultats qui peuvent s'exprimer de la façon suivante :

» Les quantités décelables dans 1000 grammes de cet organe varient avec l'activité de la sécrétion urinaire; c'est ce que montrent les chiffres suivants.

» 1000 grammes de reins se comportent comme s'ils contenaient :

1er chien	3gr,3	sécrétion active.
2e chien	1,5	pas une goutte d'urine pendant les deux heures qui ont précédé la mort.

» La signification de ces faits est claire, et il est évident que les chiffres élevés résultent de la présence de l'urine dans les canalicules urinifères.

» 2. *Urée du liquide qui s'écoule du canal thoracique pendant la digestion.* — La quantité d'urée contenue dans le liquide mixte qu'on obtient en pratiquant une fistule du canal thoracique pendant la digestion est très-voisine de celle qui est contenue dans le sang.

» Il suffira, pour le montrer, de citer ici deux chiffres obtenus en traitant ce liquide absolument comme je l'avais fait dans mes analyses de sang antérieurement publiées :

Chien en digestion de viande	1000gr =	1gr,2
» de pain	»	0,3

» Le premier chiffre est analogue à celui que donne le sang pris chez un animal dans les mêmes conditions.

» Le second est analogue au chiffre obtenu dans l'état de jeûne. On devait le prévoir d'après ce que j'ai dit à la Société de Biologie en 1877.

» Ces résultats concordent avec ceux que les analyses de M. Wurtz ont fait connaître : il suffit, pour le montrer, de faire remarquer qu'on a opéré sur un mélange de lymphe et de chyle, c'est-à-dire sur de la lymphe diluée.

» 3. *Urée des organes chez le lapin.* — En traitant les muscles et le foie de cet herbivore, exactement comme l'avaient été les organes du chien, dans la Note que j'ai publiée aux *Comptes rendus*, on trouve les chiffres suivants :

» 1000 grammes de muscles blancs du lapin se comportent comme s'ils contenaient :

	Urée.
1er lapin	3gr,0
2e lapin	3,1

c'est-à-dire une proportion un peu plus élevée que celle que contiennent les muscles du chien nourri « d'une façon mixte ».

» 1000 grammes de foie se comportent comme s'ils contenaient (période digestive active) :

	Urée.
	gr
1er lapin........................	0,3
2e lapin........................	0,5

» Ce sont là des quantités analogues à celles que contenait le foie du chien à jeun. Ce résultat pouvait être prévu, puisque j'ai annoncé que la proportion d'urée du foie varie avec celle du sang, et cette dernière avec celle de l'urée éliminée en vingt-quatre heures par les urines (*Comptes rendus de la Société de Biologie*, 1877).

» 4. *Influence de la section des nerfs qui entourent l'artère hépatique sur la proportion d'urée du sang.* — On choisit un chien en digestion (aliments mixtes), peu gras, à abdomen peu saillant. On fait une incision au-dessous de l'appendice xyphoïde et s'étendant, en suivant la ligne blanche, à 5 ou 6 centimètres dans la direction du pubis. On introduit le doigt et on le conduit directement jusque vers la colonne vertébrale; puis on le dirige vers l'hypochondre droit, en suivant la face inférieure du foie. On arrive ainsi à sentir l'artère hépatique; on la saisit, en passant sous elle le doigt demi-fléchi, et, par des tractions douces et graduées, on l'amène jusqu'à ce qu'elle fasse saillie dans la plaie. On coupe alors rapidement les nerfs qui l'entourent, puis on la laisse aller et on coud la plaie.

» Si après cette opération on fait des saignées à l'animal, on trouve dans le sang une quantité d'urée moindre, en général, que celle qui existe chez l'animal normal; quelquefois elle est à peu près la même; en tous cas, elle n'est jamais plus considérable.

Analyses.

1er chien (prise de sang,	3	heures	après l'opération)	....	1000 = 0,7
2e »	»	2	»	....	1000 = 0,9
3e »	»	2	»	....	1000 = 1,1
Le même	»	10	»	....	1000 = 0,7

» Je ne veux pas donner de ce fait une explication prématurée. Je me borne à ajouter que les animaux ci-dessus ne sont jamais devenus diabétiques, comme me l'a montré l'examen de leurs urines et de leur sang, et je rappelle que Cl. Bernard a fini par affirmer que le diabète artificiel est, non un phénomène paralytique, mais une excitation nerveuse.

» Pour terminer les grands traits de la question de l'urée des organes, j'ai encore à signaler ce fait, que la section du nerf sciatique amène une légère diminution de la quantité d'urée contenue dans les muscles auxquels ce nerf se distribue. »

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'hémocyanine, substance nouvelle du sang de Poulpe* (Octopus vulgaris). Note de M. L. FREDERICQ, présentée par M. de Lacaze-Duthiers.

« La partie liquide du sang des Poulpes contient une substance albuminoïde incolore, formant avec l'oxygène une combinaison peu stable, qui est d'un bleu foncé. L'action du vide, le contact avec les tissus vivants ou la conservation en vase clos suffisent pour dissocier cette combinaison et en chasser l'oxygène. Cette substance joue, dans la respiration du Poulpe, le même rôle que l'hémoglobine dans celle des Vertébrés. Elle se charge d'oxygène dans la branchie du Poulpe; puis, cheminant dans le système artériel et dans les capillaires, elle transporte cet oxygène et le cède aux tissus, qui en sont avides. Le sang veineux du Poulpe est incolore, le sang artériel bleu foncé. Ces changements de coloration sont bien dus au fait de la respiration. On peut s'en assurer en mettant à nu la grande artère céphalique du Poulpe : le sang qu'elle charrie est bleu tant que l'animal respire normalement dans l'eau ; dès qu'on l'en empêche, en le retirant de l'eau ou simplement en introduisant les doigts dans la cavité palléale, le sang de l'artère se décolore et prend la teinte pâle asphyxique. Il en est de même si l'on paralyse les muscles respiratoires par la section des nerfs palléaux.

» Cette substance, que j'appellerai *hémocyanine* (de αἷμα, sang, et κύανος, bleu), paraît être la seule substance albuminoïde contenue dans le sang de poulpe, comme le montre la méthode des coagulations successives par la chaleur (méthode basée sur ce fait, que chaque substance albuminoïde offre un point de coagulation spécial). Si l'on chauffe graduellement, au bain d'eau, du sang de Poulpe convenablement dilué avec une solution de chlorure de sodium (le mélange renfermant environ 10 pour 100 de NaCl), le liquide devient opalescent vers + 68 degrés et se coagule à + 69 degrés, en donnant des grumeaux bleuâtres et un liquide parfaitement clair et incolore. Ce liquide, filtré, peut être porté à l'ébullition sans se coaguler. Le sang du Poulpe ne contient donc qu'une seule substance coagulable par la chaleur. La coagulation par l'alcool conduit à la même conclusion. Si à

du sang de Poulpe dilué on ajoute de l'alcool par petites portions, chaque goutte d'alcool y produit un précipité de substance albuminoïde ; mais ce caillot se redissout immédiatement, à condition que l'on ait soin d'agiter le liquide. Si l'on continue à verser de nouvelles portions d'alcool, il arrive un moment où la limite d'insolubilité de la matière albuminoïde bleue dans le mélange d'alcool et d'eau se trouve dépassée; il se forme un précipité bleuâtre qui ne se redissout plus. Si l'on filtre à ce moment, on obtient un liquide parfaitement incolore, qui ne contient plus de substance coagulable par l'alcool. On peut y ajouter de nouvelles quantités d'alcool sans y produire de précipité. La totalité de la substance albuminoïde se coagule donc en une fois, ce qui n'aurait pas lieu si elle était formée par un mélange de plusieurs substances albuminoïdes.

» Il est facile d'isoler l'*hémocyanine*. Comme c'est la seule substance colloïde que contienne le sang de Poulpe, il suffit de soumettre le plasma de ce sang à une dialyse énergique pendant trois à quatre jours, de façon à éliminer complétement les sels et les autres substances diffusibles. On filtre le liquide, on l'évapore à une basse température pour obtenir une substance bleue, brillante, offrant l'aspect de la gélatine.

» L'*hémocyanine* se colore en bleu au contact de l'oxygène, se décolore par le vide, se coagule en grumeaux par la chaleur, par l'alcool, l'éther, le tannin, les acides minéraux, et par la plupart des sels des métaux pesants : nitrate d'argent, sublimé, sulfate de cuivre, acétates neutre et basique de plomb. La solution d'hémocyanine se prend en gelée par l'acide acétique glacial. Elle donne les réactions caractéristiques des albuminoïdes par le réactif de Millon, par l'acide nitrique et l'ammoniaque, par le ferrocyanure de potassium et l'acide acétique. Elle brûle en répandant une odeur de corne brûlée et en laissant un résidu riche en cuivre. Le cuivre y est si abondant, qu'un simple essai au chalumeau permet d'y constater sa présence.

» Le cuivre paraît y être dans le même état que le fer dans l'hémoglobine et y joue un rôle analogue. L'hémoglobine est susceptible, comme on sait, de se décomposer en hématine ferrifère et substance albuminoïde coagulée ne contenant pas de fer. L'*hémocyanine* présente la même réaction. Sa solution, traitée par l'acide chlorhydrique ou nitrique, donne un coagulum de substance albuminoïde qui ne laisse pas de cuivre à la calcination. Le liquide, filtré et évaporé, fournit un résidu renfermant des cristaux prismatiques et laissant de l'oxyde de cuivre à la calcination. Je n'ai pu, jusqu'ici, déterminer la proportion de cuivre contenue dans l'*hémocyanine*

ni la proportion d'oxygène à laquelle elle se combine. J'espère pouvoir combler ces lacunes et étudier d'une façon plus complète son produit de décomposition cuprifère ([1]). »

PHYSIOLOGIE. — *De l'influence des différentes couleurs du spectre sur le développement des animaux*. Note de M. E. Yung, présentée par M. de Lacaze-Duthiers.

« Grâce à des travaux déjà nombreux dont les végétaux ont surtout été l'objet, nous savons aujourd'hui que les divers rayons colorés de la lumière solaire ont une action particulière sur le processus de la nutrition en général de ces êtres organisés.

» Quant à l'action de ces différents rayons lumineux sur le développement des animaux, les recherches sont peu nombreuses et la littérature scientifique est assez pauvre sur cette question. Pour ne citer que les principales, nous rappellerons les recherches de MM. Higginbottom ([2]), Mac Donnell ([3]), Béclard ([4]), Schnetzler ([5]) et Pleasonton ([6]).

» Parmi ces auteurs, M. Béclard est le seul qui ait expérimenté tous les rayons du spectre. Il plaça des œufs de mouche (*Musca carnaria*) sous des verres diversement colorés, et remarqua que ces œufs se développaient d'une manière très-inégale : les vers les plus développés correspondaient au rayon violet et au rayon bleu; les vers éclos dans le rayon vert étaient les moins développés.

» Voici comment, d'après M. Béclard, on peut grouper les divers rayons colorés, eu égard au développement des larves :

Violet, bleu, rouge, jaune, blanc, vert.

([1]) Ce travail a été fait à Roscoff, dans le laboratoire de Zoologie expérimentale de M. de Lacaze-Duthiers.

([2]) Higginbottom, *Influence des agents physiques sur le développement*, etc. (*Journal de Physiologie* de Brown-Sequard, t. II, p. 625).

([3]) Mac Donnell, *Exposé de quelques expériences*, etc. (*Journal de Physiologie* de Brown-Sequard, t. II, p. 625).

([4]) Béclard, *Note relative à l'influence de la lumière sur les animaux* (*Comptes rendus*, t. XLVI; 1858).

([5]) Schnetzler, *Influence de la lumière sur les larves de Grenouille* (*Archives des Sciences physiques et naturelles*, t. LI, p. 247; 1874).

([6]) Pleasonton. Voir Poëy, *Influence de la lumière violette*, etc. (*Comptes rendus*, t. LXXIII, p. 1236; 1871).

» Nous avons poursuivi depuis trois ans, dans le laboratoire d'Anatomie comparée de l'Université de Genève, des recherches dans cette direction.

» Trois séries d'observations ont porté sur les œufs de la *Rana temporaria* et de la *R. esculenta*, une série sur les œufs de truite (*Salmo trutta*) et une série sur les œufs du Lymnée des étangs (*Lymnea stagnalis*).

» Les œufs, aussitôt après leur fécondation, furent placés dans des vases plongeant eux-mêmes dans des solutions colorées.

» Toutes les autres conditions étant identiques, les œufs étaient éclairés par des rayons violets, bleus, verts, jaunes, rouges, blancs. Un vase spécial fut tenu dans l'obscurité d'une armoire.

» Les résultats des cinq séries d'expériences s'étant toujours portés dans le même sens pour les trois types d'animaux que nous avions choisis, ils nous paraissent significatifs.

» Sans entrer dans les détails qui trouveront place ailleurs, nous présentons à l'Académie les conclusions générales de notre étude :

» 1° Les divers rayons colorés de la lumière solaire agissent d'une manière très-différente sur le développement des œufs des animaux cités plus haut.

» 2° La lumière violette active d'une manière très-remarquable le développement. Elle est bientôt suivie sous ce rapport par la lumière bleue, puis par la jaune et la blanche.

» 3° Les lumières rouge et verte paraissent nuisibles, en ce sens que nous n'avons jamais pu obtenir le développement complet des œufs dans ces couleurs.

» 4° L'obscurité n'empêche pas le développement; mais, contrairement aux résultats de MM. Higginbottom et Mac Donnell, nous avons constaté qu'elle le retarde.

» 5° On peut disposer les différentes couleurs du spectre, eu égard à leur influence sur le développement, dans la série décroissante suivante :

Violet.
Bleu.
Jaune } (¹).
Blanc }
Obscur.
Rouge } (²).
Vert }

(¹) Les résultats obtenus avec ces deux lumières sont très-rapprochés.

(²) Ces deux couleurs semblent nuisibles au développement.

» 6° Des têtards de Grenouille de même taille et soumis jusqu'alors aux mêmes conditions physiques, privés de toute nourriture, meurent sensiblement plus vite d'inanition dans les rayons violet et bleu que dans les autres; ils consomment plus rapidement leur économie alimentaire.

» 7° La mortalité paraît plus grande dans les lumières colorées que dans la lumière blanche. Toutefois, les chiffres n'ayant pas toujours concordé sur ce point, il serait prématuré de se prononcer d'une manière positive. »

M. G. de Longchamps adresse, par l'entremise de M. Tisserand, une Note sur la recherche des facteurs commensurables d'une équation.

M. G. Mangenot adresse une Note relative aux modifications qu'il a apportées à son système de télégraphie militaire, pour conserver une trace imprimée des dépêches.

M. C. Husson adresse une Note relative à une méthode de recherche des falsifications dont le café, le thé et les chicorées peuvent être l'objet.

M. Turner, professeur à l'Université d'Édimbourg, adresse à l'Académie une série de Mémoires imprimés *Sur l'Anatomie comparée du placenta;* il signale particulièrement à l'attention son travail sur le placenta de l'Aï, publié en 1873, et il ajoute que, si M. Joly avait eu l'*occasion* de le lire, ce naturaliste, qui en 1878 s'est occupé du même sujet, aurait vu qu'il existe des différences essentielles entre la structure du placenta de ce Mammifère et celle du placenta des Lémuriens, notamment du Propithèque de Madagascar.

A 4 heures et demie, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission nommée pour préparer une liste de candidats à la place d'Académicien libre, laissée vacante par le décès de M. *Belgrand,* présente, par l'organe de son Président, M. Fizeau, la liste suivante :

En première ligne . . . . M. Damour.

En seconde ligne, ex æquo, *et par ordre alphabétique*...
- M. A. Bertin.
- M. Gruner.
- M. L. Lalanne.
- M. de la Roncière le Noury.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance

La séance est levée à 6 heures. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 9 décembre 1878.

Précis de Chimie industrielle; par A. Payen, 6e édition; par C. Vincent, t. II. Paris, Hachette et Cie, 1878; 1 vol. in-8° avec Atlas.

Mémorial du Dépôt général de la Guerre, imprimé par ordre du Ministre; t. XI, publié par le commandant Perrier. *Détermination des longitudes, latitudes et azimuts terrestres en Algérie;* 1er fascicule. Paris, Impr. nationale, 1877; in-4°. (Deux exemplaires.)

Connaissance des temps ou des mouvements célestes à l'usage des astronomes et des navigateurs pour l'an 1880, publiée par le Bureau des Longitudes. Paris, impr. Gauthier-Villars, 1878; in-8°.

Communication préliminaire sur les mouvements et l'innervation de l'organe central de la circulation chez les animaux articulés; par F. Plateau. Bruxelles, F. Hayez, 1878; in-8°. (Deux exemplaires.)

Annales des Ponts et Chaussées. Mémoires et documents; novembre 1878. Paris, Dunod, 1878; in-8°.

Principes fondamentaux sur la connaissance de soi-même, de la nature et de Dieu; par l'abbé L. Desprez. Paris, Palmé; Le Mans, impr. Monnoyer, 1878; in-8°.

ERRATA.

(Séance du 9 décembre 1878.)

Page 911, ligne 16, *au lieu de* « la Connaissance des Temps pour l'année 1878 », *lisez* « la Connaissance des Temps pour l'année 1880 ».

NOVEMBRE 1878. OBSERVATIONS MÉTÉOROLOG

DATES.	BAROMÈTRE A MIDI réduit à zéro. (1)	THERMOMÈTRES du jardin. Minima. (2)	Maxima. (3)	Moyenne. (4)	Écart de la normale. (5)	THERMOMÈTRE ENREGISTREUR du nouvel abri. (6)	THERMOMÈTRE ÉLECTRIQUE à 20 mètres. (7)	ACTINOMÈTRE. (8)	THERMOMÈTRES du sol. Surface du sol (9)	à 0m,20 (midi). (10)	à 0m,30 (midi). (11)	TENSION DE LA VAPEUR. (12)	ÉTAT HYGROMÉTRIQUE. (13)	UDOMÈTRE ENREGISTREUR. (14)	ÉVAPOROMÈTRE (15)	ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE (sans correction locale). (16)
	mm	°	°	°	°	°	°	°	°	°	°	mm		mm	mm	pll
1	752,8	0,3	6,7	3,5	- 5,4	4,0	2,7	5,7	3,6	7,4	8,0	5,7	96	0,4	0,6	10,9
2	756,7	1,6	9,5	5,6	- 3,1	5,1	3,7	15,7	6,7	7,2	7,7	5,8	89	0,2	1,0	16,9
3	759,3	2,7	8,7	5,7	- 3,0	4,6	3,7	12,3	6,9	7,4	7,8	5,6	90	0,1	0,8	6,4
4	750,2	1,3	7,9	4,6	- 2,8	4,9	4,4	8,5	3,8	7,0	7,4	6,0	95	4,3	0,5	5,0
5	745,7	2,3	5,2	3,8	- 3,5	3.6	3,0	1,2	3,1	6,9	7,2	5,3	92	1,0	0,7	16,1
6	743,4	0,8	7,9	4,4	- 3,6	3,2	3,4	13,1	5,0	6,0	6,5	5,0	87	1,9	0,8	27,7
7	748,8	0,9	9,6	5,3	- 2,4	4,7	4,4	19,0	7,1	5,9	6,3	5,4	87	0,5	0,8	23,0
8	749,1	- 0,4	8,6	4,1	- 3,3	4,2	3,9	14,9	3,8	5,7	6,2	5,3	89	7,1	1,1	25,7
9	760,0	1,6	7,7	4,7	- 2,4	4,1	3,6	33,1	5,2	5,7	6,1	3,9	66	1,0	2,6	62,4
10	752,1	0,3	8,0	4,2	- 2,2	5,0	6,2	9,6	3,3	5,2	5,7	5,6	80	1,4	2,3	32,5
11	746,2	6,1	10,3	8,2	1,8	6,6	6,3	26,7	8,7	6,2	6,2	5,7	80	0,1	1,6	42,7
12	744,1	1,5	8,2	4,9	- 1,3	5,4	5,6	6,1	5,9	5,9	6,3	5,8	86	3,1	1,3	11,7
13	740,4	4,3	7,6	6,0	- 0,2	5,3	4,2	4,9	6,2	6,2	6,4	5,6	88	8,7	1,1	-37,5
14	739,4	0,6	4,8	2,7	- 3,5	2,8	2,4	2,4	2,4	5,7	6,1	5,3	95	3,6	0,2	-21,1
15	739,8	3,1	7,6	5,4	- 0,6	4,8	5,3	7,7	5,5	5,5	5,7	5,6	86	4,2	1,5	9,1
16	741,3	4,6	8,1	6,4	- 0,2	5,4	5,0	10,4	6,4	5,7	5,9	5,7	87	0,0	1,4	12,3
17	744,8	1,3	6,7	4,0	- 2,3	3,9	4,3	4,6	4,1	5,4	5,7	5,7	92	0,9	0,5	5,4
18	752,5	2,1	5,6	3,9	- 2,5	4,1	3,5	7,3	4,1	5,3	5,6	5,7	94	.	0,4	6,9
19	761,0	1,9	9,1	5,5	- 0,5	4,5	4,1	25,1	5,4	5,2	5,5	4,8	79	.	3,0	43,8
20	760,7	1,0	4,9	3,0	- 2,5	2,8	2,3	3,3	2,9	4,8	5,2	4,8	85	.	.	36,3
21	755,6	- 0,1	1,0	0,5	- 5,0	0,5	- 1,4	0,8	0,8	4,6	4,9	4,5	98	0,0	.	48,4
22	756,9	- 1,6	1,8	0,1	- 6,0	0,1	- 1,1	2,0	0,3	3,9	4,3	4,5	95	0,1	.	17,4
23	755,9	0,2	5,5	2,9	- 3,0	1,3	0,2	8,4	3,5	3,8	4,1	4,3	91	.	.	28,3
24	746,9	- 1,5	11,3	4,9	- 0,8	6,3	8,9	4,6	4,5	3,5	3,9	6,9	88	1,6	.	7,9
25	743,5	8,8	12,5	10,7	5,3	10,2	11,5	6,6	10,0	6,0	5,6	8,3	87	4,0	1,6	1,9
26	742,2	8,9	13,1	11,0	5,3	10,8	11,5	3,3	10,4	7,5	7,0	9,3	95	8,8	0,7	- 7,6
27	738,1	8,3	14,5	11,4	5,8	10,6	11,2	10,0	11,1	8,2	7,9	8,7	90	7,0	0,6	2,2
28	741,1	5,1	10,5	7,8	2,3	7,8	7,7	13,3	7,0	8,1	8,1	7,2	93	3,2	0,7	15,8
29	749,9	3,0	6,2	4,6	- 0,9	4,3	2,9	5,1	5,3	7,5	7,6	5,1	87	1,2	1,2	45,0
30	755,9	- 2,1	4,3	1,1	- 4,2	1,1	0,4	6,1	0,4	5,6	6,2	4,5	91	1,2	.	50,5

(6) (23) (24) Moyenne des 24 heures. — (7) (12) (13) (16) (19) (20) (21) Moyenne des observations sexhoraires.
(8) Moyennes des cinq observations trihoraires de 6^h m. à 6^h s. Les degrés actinométriques sont ramenés à la constante solair
(5) La moyenne dite *normale* est déduite des températures moyennes extrêmes de 60 années d'observations faites à Paris.
(4) (9) Demi-somme des extrêmes pour chaque oscillation complète la plus voisine de la période diurne indiquée.
(14) Les nombres entre parenthèses représentent exclusivement les quantités d'eau, de brouillard, de givre ou de rosée dont parlé dans la colonne des remarques. — (17) Poids d'oxygène fourni par l'ozone. Le poids d'ozone s'en déduirait en tripla nombres. — (1) Ajouter $0^{mm},22$ depuis Juin 1875 (les pressions se rapportant à l'altitude antérieurement choisie de $77^m,5$).

MAGNÉTISME TERRESTRE (moyennes diurnes).				VENTS à 20 mètres.					
Déclinaison. (Fortification.) (18)	Inclinaison. (Fortification.) (19)	Intensité horizontale. (Parc.) (20)	Intensité totale. (Parc.) (21)	Direction dominante. (22)	Vitesse moyenne en kilomètres à l'heure (23)	Pression moyenne en kilogrammes par mètre carré. (24)	DIRECTION DES NUAGES. (25)	NÉBULOSITÉ (0 à 10). (26)	REMARQUES.
16°.58',1	65°.31',4	1,9340	4,6485	SE à NE	km 9,1	kg 0,8	E	9	Brumeux avec bruines et pluies fines le soir.
58,6	31,8	9341	6500	NNW à NE	12,0	1,4	N	9	Brumes élevées, parfois pluies fines.
58,0	32,0	9352	6532	NW¼N	10,1	0,9	NNW à N	7	Id.; pluie faible au milieu du jour.
59,3	33,2	9326	6507	W à SW	12,5	1,5	W à NW	9	Brumes élevées, petites pluies intermitt.
57,9	33,1	9330	6512	NNW	16,3	2,5	NNE puis W	9	Sombre; pluvieux avant midi.
58,9	32,5	9337	6511	W¼NW	14,3	1,9	NW	8	A la pluie avec quelque peu de grésil.
58,6	32,1	9339	6504	WNW	12,7	1,5	NW	6	Ciel variable; pluie cesse avant le jour.
58,0	.	9339	.	S à W	28,7	7,8	W *k*	7	Après-midi et soirée pluv. avec bourrasques.
58,4	31,8	9337	6490	NW puis SW	23,6	5,3	N¼NW *k*	2	Pluie cesse à 2h15m m. Bourrasques.
58,7	32,0	9341	6507	SSW	36,2	12,3	SW	10	Bourrasques. Pluie de 8h15m à 11h45h s.
58,1	32,1	9341	6508	WSW	28,2	7,5	SW à WNW	6	Id. Variable. Un peu de pluie glacée.
57,6	32,0	9339	6500	SSW	28,5	7,7	SSW	10	Id. Id. Constamment pluvieux.
57,4	31,9	9343	6506	S à W et NW	14,4	2,0	SSW	10	Pluv., surtout de 5h s. à 1h 30m m. le 14, avec
55,9	32,2	9338	6506	SSW p. WNN	14,9	2,1	.	10	neige; la pl. seule reprend à 8h 30m s. le 14.
55,9	32,7	9335	6513	NW puis SW	33,9	10,8	SW	(10)	Folles bourrasques. Continuell. pluv.
57,9	32,8	9331	6503	SW	27,4	7,1	WSW	6	Quelq. bourr. Goutt. de pluie. Rosée le s.
57,7	33,4	9331	6524	WSW	15,0	2,1	WSW	9	Pluie de 5h45m m. à 11h30m m. et de 4h à 5h s.
57,6	33,0	9337	6524	S à E et NE	12,2	1,4	.	9	Brumes élevées.
57,9	32,3	9340	6512	NNE	23,4	5,2	.	0	Jolie brise. Assez beau ciel.
57,2	33,0	9340	6532	NNE	22,5	4,8	NE	10	Jolie brise, mais brumes élevées.
56,4	32,5	9337	6510	N	14,2	1,9	.	10	Bruines légères mais persistantes.
57,2	32,8	9338	6520	Tr.-variable.	6,1	0,4	.	10	Premières gelées durables. Bruines.
57,6	31,8	9342	6503	SE	11,7	1,3	SE	4	Découvert le soir avec petit givre.
59,0	31,9	9345	6511	S¼SE	16,9	2,7	.	10	Pluie de 6h45m à 8h15m m. et depuis 5h s.
58,3	31,4	9345	6497	SSE	18,4	3,2	SSW	10	Pluies intermitt. surtout de 11h50m m. à 7h s.
57,3	31,2	9344	6488	S¼SE	16,7	2,6	SW	10	et de 9h15m s. le 25, à 1h45m m. le 26; reprise de
57,0	30,8	9343	6476	SSE	16,1	2,4	SSW	8	11h30m m. à 5h45m m. le 27; enfin de 3h à 6h30m s.
56,6	31,3	9347	6499	Tr.-variable.	13,6	1,7	SSE	8	Pluie du 28 à 1h30m s. au 29 à 8h m.; ciel dé-
55,9	32,3	9341	6514	NNW	17,2	2,8	N	7	couvert le soir du 29 avez petit givre.
56,8	32,2	9341	6512	S	7,7	0,6	N	10	Froid le m. Pluie depuis 6h s. avec neige.

Oscillations barométriques extrêmes : de 759mm,5 le 3 à 9h40m m. à 743mm,0 le 6 vers 3h s.; de 762mm,5 le 9 à 6h25m s. à 738mm,5 … 13 à 5h15m m. et le 14 à 10h35m s.; de 762mm,5 le 19 à 11h s. à 736mm,4 le 27 à 3h s.; de 756mm,2 le 30 vers 10h m. à 746mm,5 le …r à 10h40m s.

Vitesses maxima du vent à 20m de hauteur: de 30 à 35km les 5, 14, 20, 24, 25, 26, 27 et 28; de 68km les 8 et 10 et de 54km le 9; de …km le 11; de 47km le 12; de 37km,5 le 13; de 57km,5 le 15; de 44km le 16; de 42km le 19.

Moyennes horaires et moyennes mensuelles (Novembre 1878).

		6h M.	9h M.	Midi.	3h S.	6h S.	9h S.	Minuit.	Moyennes.
Déclinaison magnétique	16° +	55',9	56',4	60',9	59',5	58',0	56',4	55',8	16°.57',7
Inclinaison »	65° +	32,1	32,3	32,3	32,5	32,2	32,3	32,2	65.32,2
Force magnétique totale	4,+	6507	6503	6502	6509	6509	6510	6506	4,6506
Composante horizontale	1,+	9341	9336	9336	9336	9341	9339	9339	1,9339
Composante verticale	4,+	2294	2292	2291	2298	2297	2300	2294	4,2294
Électricité de tension (éléments Daniell)		14,0	21,2	24,8	27,9	22,8	26,5	11,2	18,2
Baromètre réduit à zéro		mm 748,89	mm 749,44	mm 749,14	mm 748,62	mm 748,85	mm 749,02	mm 749,00	mm 748,97
Pression de l'air sec		743,42	743,84	743,34	742,69	742,95	743,25	743,32	743,26
Tension de la vapeur en millimètres		5,47	5,60	5,80	5,93	5,90	5,77	5,68	5,71
État hygrométrique		91,9	88,5	80,8	82,2	88,6	91,6	92,6	88,5
Thermomètre enregistreur (nouvel abri)		3°,46	4°,48	6°,41	6°,51	5°,17	4°,35	3°,83	4°,72
Thermomètre électrique à 20 mètres		3,15	4,19	5,97	6,03	4,93	4,08	3,71	4,44
Degré actinométrique		0,00	17,11	21,79	9,80	0,00	»	»	9,74
Thermomètre du sol. Surface		2,95	4,78	7,15	6,29	4,37	3,53	3,23	4,43
» à 0m,02 de profondeur		4,81	4,71	5,07	5,56	5,62	5,41	5,09	5,15
» à 0m,10 »		5,60	5,48	5,49	5,80	6,02	5,99	5,80	5,73
» à 0m,20 »		6,12	6,04	5,97	6,02	6,16	6,23	6,18	6,11
» à 0m,30 »		6,33	6,27	6,22	6,19	6,24	6,30	6,30	6,27
Udomètre enregistreur		mm 15,44	mm 1,43	mm 3,56	mm 5,81	mm 16,07	mm 10,65	mm 12,60	mm t.=65,56
Pluie moyenne par heure		0,086	0,016	0,040	0,065	0,179	0,118	0,140	"
Évaporation moyenne par heure (24 jours) (a)		0,027	0,033	0,067	0,088	0,056	0,044	0,027	t.(26,56)
Vitesse moy. du vent en kilom. par heure		17,28	16,69	18,21	19,21	17,74	18,27	17,78	17,80
Pression moy. en kilog. par mètre carré		2,81	2,62	3,12	3,48	2,97	3,14	2,98	2,99

Données horaires.

Heures.	Déclinaison.	Pression.	Tempér. à 20m.	Enregistreurs. Tempér. nouvel abri.	Enregistreurs. Pluie à 3m.	Enregistreurs. Vitesse du vent.	Heures.	Déclinaison.	Pression.	Tempér. à 20m.	Enregistreurs. Tempér. nouvel abri.	Enregistreurs. Pluie à 3m.	Enregistreurs. Vitesse du vent.
	° '	mm	°	°	mm	k		° '	mm	°	°	mm	k
1h mat.	16.56,8	748,96	3,67	3,80	5,52	18,05	1h soir	16.61,0	748,90	6,23	6,73	1,12	19,24
2 »	57,8	48,88	3,58	3,67	1,69	18,04	2 »	60,4	48,70	6,24	6,77	0,96	19,14
3 »	58,3	48,79	3,46	3,61	2,01	17,12	3 »	59,5	48,62	6,03	6,51	3,73	19,26
4 »	58,0	48,74	3,32	3,61	2,15	17,70	4 »	58,7	48,64	5,70	5,95	9,75	18,09
5 »	57,1	48,77	3,18	3,51	2,71	16,51	5 »	58,2	48,73	5,32	5,54	2,52	17,57
6 »	55,9	48,89	3,15	3,46	1,36	16,26	6 »	58,0	48,85	4,93	5,17	3,80	17,57
7 »	55,1	49,09	3,28	3,45	0,97	17,15	7 »	57,7	48,93	4,58	4,86	4,39	18,26
8 »	55,3	49,30	3,64	3,79	0,12	16,59	8 »	57,2	49,00	4,30	4,55	3,85	18,16
9 »	56,4	49,44	4,19	4,48	0,34	16,32	9 »	56,4	49,02	4,08	4,35	2,41	18,39
10 »	58,2	49,48	4,88	5,29	0,64	18,08	10 »	55,7	49,02	3,90	4,16	4,25	18,17
11 »	59,9	49,36	5,47	5,97	1,85	17,75	11 »	55,5	49,02	3,79	4,04	4,49	18,09
Midi..	60,9	49,14	5,97	6,41	1,07	18,81	Minuit..	55,8	49,00	3,71	3,83	3,86	17,08

Thermomètres de l'ancien abri (moyennes du mois).

Des minima.......... 2°,2 Des maxima......... 7°,8 Moyenne........... 5°,0

Thermomètres de la surface du sol.

Des minima......... 1°,5 Des maxima......... 8°,7 Moyenne........... 5°,1

Températures moyennes diurnes par pentades.

1878. Octobre 28 au Novembre 1er. 5°,7 Novembre 7 à 11..... 4°,9 Novembre 17 à 21.... 3°,2
Novembre 2 à » 6.. 4,3 » 12 à 16..... 4,7 » 22 à 26.... 5,7

a) Observations interrompues par la gelée.